

## KOREAN PATENT ABSTRACT (KR)

### Patent Laid-Open Gazette

(51) IPC Code: G06F 12/00

(11) Publication No.: P2000-0016038

(43) Publication Date: 25 March 2000

(21) Application No.: 10-1998-0709655

(22) Application Date: 28 November 1998

(86) International Application No.: PCT/US1997/09367

(86) International Application Date: 28 May 1997

(87) International Publication No.: WO1997/48032

(87) International Publication Date: 18 December 1997

(81) Designated States: **NATIONAL** AL AM AT AU AZ BA BB BG BR BY CA CH CN  
CU CZ DE DK EE ES FI GB GE GH HU IL IS JP KE KG KP KR KZ LC LK LR LS LT  
LU LV MD MG MK MN MW MX NO NZ PL PT RO RU SD SE SG SI SK TJ TM TR  
TT UA UG UZ VN YU GH KE LS MW SD SZ UG AM AZ BY KG KZ MD RU TJ TM  
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE BF BJ CF CG CI CM GA  
GN ML MR NE SN TD TG

(30) Priority Data: 8/652706 (1996.05.30) US

(71) Applicant:

AXON TECHNOLOGIES CORPORATION

ARIZONA BOARD OF REGENTS, acting on behalf of ARIZONA STATE  
UNIVERSITY

(72) Inventor:

KOZICKI, Michael, N.

WEST, William, C.

(54) Title of the Invention:

### **PROGRAMMABLE METALLIZATION CELL STRUCTURE AND METHOD OF MAKING SAME**

#### Abstract:

A programmable metallization cell ("PMC") comprises a fast ion conductor such as a chalcogenide-metal ion and a plurality of electrodes (e.g., an anode and a cathode) disposed at the surface of the fast ion conductor and spaced a set distance apart from each other. Preferably, the fast ion conductor comprises a chalcogenide with Group IB or Group IIB metals, the anode comprises silver, and the cathode comprises aluminum or other conductor. When a voltage is applied to the anode and the cathode, a non-volatile metal dendrite grows from the cathode along the surface of the fast ion conductor towards the

anode. The growth rate of the dendrite is a function of the applied voltage and time. The growth of the dendrite may be stopped by removing the voltage and the dendrite may be retracted by reversing the voltage polarity at the anode and cathode. Changes in the length of the dendrite affect the resistance and capacitance of the PMC. The PMC may be incorporated into a variety of technologies such as memory devices, programmable resistor/capacitor devices, optical devices, sensors, and the like. Electrodes additional to the cathode and anode can be provided to serve as outputs or additional outputs of the devices in sensing electrical characteristics which are dependent upon the extent of the dendrite.

**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

<b>(51) Int. Cl.</b> <b>G06F 12/00</b>	<b>(11) 공개번호</b> <b>(43) 공개일자</b>	<b>특2000-0016088</b> <b>2000년03월25일</b>
<b>(21) 출원번호</b>	10-1998-0709655	
<b>(22) 출원일자</b>	1998년11월28일	
<b>번역문 제출일자</b>	1998년11월28일	
<b>(86) 국제출원번호</b>	PCT/US1997/09367	
<b>(86) 국제출원출원일자</b>	1997년05월28일	
<b>(87) 국제공개번호</b>	WO 1997/48032	
<b>(87) 국제공개일자</b>	1997년12월18일	
<b>(81) 지정국</b>	AP ARIPO특허: 케냐, 레소토, 말라위, 수단, 스와질랜드, 가나 EA 유라시아특허: 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스 EP 유럽특허: 오스트리아, 벨기에, 스위스, 리히텐슈타인, 독일, 덴마크, 스페인, 핀란드, 프랑스, 영국, 그리스, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 오스트리아, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 핀란드, 영국 국내특허: 아일랜드, 알바니아, 오스트레일리아, 보스니아-헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 캐나다, 중국, 쿠바, 체코, 에스토니아, 그루지야, 헝가리, 이스라엘, 아이슬란드, 일본	
<b>(30) 우선권주장</b>	8/652706 1996년05월30일 미국(US)	
<b>(71) 출원인</b>	엑손 테크놀로지스 코포레이션, 빅터 린 미국 000-000 미합중국 아리조나주 85257, 스코츠데일, 노스 하이든 로드 1435 아리조나 보드 오브 리전트스, 아리조나주 주립대 대행 법인, 알란 엠. 포스칸저 미국 000-000 미합중국 아리조나주 85004, 피닉스 #230 노스 센트럴 에버뉴 2020	
<b>(72) 발명자</b>	코지키 마이클 엔 미국 미합중국 아리조나주 85048, 피닉스, 사우쓰 23 스트리트 14624 웨스트 윌리암 씨 미국 미합중국 아리조나주 85044, 피닉스, 이스트 마운틴 비스타 4205	
<b>(74) 대리인</b>	이만재	
<b>(77) 심사청구</b>	없음	
<b>(54) 출원명</b>	<b>프로그램 가능한 금속화셀 구조 및 이를 제조하는 방법</b>	

**요약**

프로그램 가능한 금속화셀(10)("PMC")은 칼코게니드-금속이온과 같은 고속이온도체, 및 상기 고속이온도체의 표면에 배치되고 서로 세트 거리 이격된 복수의 전극(13,14)(예, 양극 및 음극)을 포함한다. 바람직하게, 고속이온도체는 주기율표 ⅠB 그룹 및 ⅡB 그룹 금속을 가지는 칼코게니드를 포함하고, 양극은 은을 포함하고, 음극은 알루미늄이나 기타 도체를 포함한다. 전압을 양극과 음극에 인가할 때, 비휘발성 금속 덴드라이트가 고속이온도체의 표면을 따라 음극에서부터 양극 쪽으로 성장한다. 덴드라이트의 성장 속도는 인가된 전압과 시간의 함수이다. 덴드라이트의 성장은 전압을 제거하여 정지시킬 수 있고 양극과 음극에 전압 극성을 역전시키는 것에 의해 후퇴시킬 수 있다. 덴드라이트의 길이 변화는 PMC의 저항과 용량에 영향을 미친다. PMC는 메모리 장치, 프로그램 가능한 저항기/콘덴서 장치, 광학장치, 센서 등과 같은 여러 가지 기술로 구체화될 수 있다. 양극과 음극에 추가의 전극을 제공하여, 덴드라이트의 크기에 의존하는 전기적인 특성을 감지함에 있어서 장치의 출력 또는 추가의 출력으로 작용하도록 할 수 있다.

**대표도**

도1A

**명세서****기술분야**

본 발명은 일반적으로 고속이온도체, 복수의 전극, 및 전압-제어 금속 구조, 즉 상기 고속이온도체의 표면의 상기 전극들 사이에 형성된 덴드라이트(dendrite)를 포함하는 프로그램 가능한 금속화셀에 관한 것이며, 보다 상세하게는 프로그램 가능한 금속화셀을 이용하는 전자 메모리, 프로그램 가능한 저항기 및 콘덴서, 집적광학장치, 및 센서와 같은 장치에 관한 것이다.

**배경기술**

(메모리 장치)

메모리' 장치는 바이너리 데이터 형태로 정보를 저장하는 컴퓨터와 전자 시스템에 사용된다. 이들 메모리 장치에는 각각 특성이 다른 여러 가지 타입이 있고, 각각의 타입은 그것에 관련된 여러 가지 장점과 단점을 지니고 있다.

예를 들어, 개인용 컴퓨터에 사용되는 임의접근 기억장치("RAM")는, 휘발성 반도체 메모리이다. 즉, 전원이 차단되거나 제거되면 저장된 데이터를 상실하게 된다. 다이내믹램("DRAM")은 특히 저장된 데이터를 유지하기 위하여 수 마이크로 초마다 리플레시(즉, 재충전)되어야 하는 휘발성이다. 스태틱램("SRAM")은 전원이 유지되는 한 기록된 데이터가 유지되지만, 일단 전원이 차단되면 데이터가 상실된다. 따라서 이들 휘발성 메모리 구성에 있어서는, 시스템에 공급되는 전원이 차단되지 않는 한에 있어서만 정보가 유지되는 것이다.

CD-ROM은 비휘발성 메모리의 예이다. CD-ROM은 긴 오디오 및 비디오 정보를 유지할 수 있을 정도로 충분히 큰 용량을 가지지만, 메모리로부터 판독할 수만 있고 기록할 수가 없다. 따라서, 일단 CD-ROM이 그 제작과정에서 프로그램되면 새로운 정보로 다시 프로그램할 수 없게 된다.

자기저장장치(예, 플로피 디스크, 하드 디스크 및 자기 테이프)와 같은 기타의 저장장치 뿐만 아니라 광학 디스크와 같은 다른 시스템들은 비휘발성이고, 매우 큰 용량을 가지며, 여러 번에 걸쳐서 다시 기록할 수 있다. 그러나, 불행하게도 이들 메모리 장치들은 물리적으로 크기가 크고 충격과 진동에 민감하며, 고가의 기계적인 드라이브를 필요로 할뿐만 아니라 상대적으로 많은 양의 전력을 소비한다. 이런 부정적인 면은 이들 메모리 장치들을 랩탑 및 팜탑 컴퓨터와 개인 디지털 보조기기("PDA")와 같은 저전력 휴대용 장치에 적용하는 데 비현실적이게 한다.

컴팩트하고 전력을 적게 소모하며 저장된 정보를 수시로 변화시키는 휴대용 컴퓨터 시스템의 급속한 수적 신장에 기인하여, 판독/기록하는 반도체 메모리들이 널리 확산되고 있다. 나아가 이들 휴대용 시스템들은 전력이 차단되었을 때에도 데이터 저장을 필요로 하기 때문에, 비휘발성 저장장치를 필요로 한다.

이런 컴퓨터들에 있어서 가장 단순한 프로그램 가능한 반도체 비휘발성 메모리 장치는, 프로그램 가능한 판독전용 기억장치("PROM")이다. 가장 기본적인 PROM은 가용링크의 어레이를 사용하는 것이고, PROM은 일단 프로그램되면 다시 프로그램할 수 없으며, 이는 새로 데이터를 추가하여 기록할 수 있지만 소거할 수 없는 주기형 메모리("WORM")의 일종이다. 소거 가능한 PROM("EPROM")은 가변적이지만, 각각의 재기록마다 자외선에 노출하는 것을 포함하는 소거과정을 선행하여야 한다. 전기적으로 소거할 수 있는 PROM("EEPROM" 즉 "E<sup>2</sup>PROM")은 다수회 기록할 수 있으므로, 아마 가장 이상적인 통상의 비휘발성 반도체 메모리일 것이다.

또 다른 EEPROM 타입의 플래시 메모리는 그것의 낮은 밀도에 비하여 고용량이지만, 그러나 전통적인 EEPROM들은 내구성이 부족하다. EEPROM에 있어서 하나의 주요 문제점은 이것이 본질적으로 매우 복잡하다는 것이다. 이들 메모리 장치에 사용되는 플로팅 게이트 기억 소자는 그 제작이 어렵고 상대적으로 많은 양의 반도체 실공간을 차지한다. 또한 회로를 설계함에 있어서 장치를 프로그램하는 데 필요한 고전압에 견디도록 하여야 한다. 이것은 EEPROM의 메모리 용량의 단위 비트 당 비용이 다른 데이터 저장수단에 비하여 극단적으로 높다는 것을 의미한다. EEPROM의 다른 결점은 이들이 비록 전원의 연결 없이 데이터를 유지할 수 있다고 하더라도, 프로그램하는 데 상대적으로 많은 양의 전력을 필요로 한다는 것이다. 이런 전력소모는 배터리로 전원을 공급하는 컴팩트한 휴대용 시스템에 있어서는 상당한 것이다.

최근, 강유전성 재료에 바탕을 둔 대안의 비휘발성 메모리 기술에 대하여 많은 관심이 집중되고 있다. 불행하게도 이런 데이터 저장 연구에 관련하여 강유전성 재료의 광범위한 적용을 방해하는 많은 문제점이 여전히 잔존하며, 이런 여러 문제점들에는 비현실적인 저장 특성과 극단적으로 어려운 제조공정이 포함된다.

따라서, 앞서 언급한 통상적인 데이터 저장장치와 관련된 여러 가지 문제의 관점에서, 본질적으로 간단하고 제조비용이 저렴한, 판독/기록 메모리 기술 및 장치가 제공되는 것이 매우 바람직할 것이다. 또한, 이런 메모리 기술은 고저장밀도, 비휘발성 및 낮은 제조원가를 가능하게 하면서도 저전압 하에서 작동하여 새로운 세대의 휴대용 컴퓨터 장치의 요구에 부합하여야 한다.

#### (프로그램 가능한 수동 및 활동 컴포넌트)

전자회로는 실제로 무수한 컴포넌트 부분을 포함할 수 있다. 이들 컴포넌트 부분은 두 개의 구별된 카테고리, 즉 수동 컴포넌트와 활동 컴포넌트로 나누어진다. 저항기와 콘덴서와 같은 수동 컴포넌트는 이들과 관련하여 상대적으로 일정한 전기적 값을 가진다. 한편, 트랜지스터와 같은 활동 컴포넌트의 전기적인 값들은 전압 또는 전류가 제어전극에 인가될 때 변하도록 설계되어 있다.

이들 두 타입의 컴포넌트의 광범위한 사용으로, 수동 컴포넌트와 활동 컴포넌트의 양 기능을 수행할 수 있는 저가의 장치를 가지는 것은 매우 바람직한 것이다. 예를 들어, 하나의 장치가 그 저항과 용량을 변화시켜 인가된 시그널에 반응하는 활동 컴포넌트로서 작용하고 그러면서도 또한 다른 구현에서는 동일한 장치가 미리 프로그램할 수 있는 수동 컴포넌트로서 작용하는 그런 장치를 가지는 것이 매우 바람직할 것이다(즉, 이 변화는 프로그래밍이 완료된 후에 장치에 의해 "기억된다"). 이와 같은 장치는 통신장비의 동조회로부터 오디오 시스템의 음량 제어에 이르기까지 여러 가지 다양한 적용에 사용될 수 있을 것이다.

#### (광학장치)

최근, 랩탑 컴퓨터, 고품위 텔레비전("HDTV"), 공간광변조기 등을 위한 디스플레이 장치와 같은 여러 가지 광학장치에 대한 수요가 폭발적으로 늘고 있다. 예를 들어 광학셀을 통과하는 광의 흐름을 차단하는 셔터 또는 주사 임사빔을 스크린이나 기타 타겟에 대해 편향시키는 미러 등과 같은 광학장치에 이용할 수 있고, 저비용으로 용이하게 생산할 수 있는 장치를 제공하는 것은 매우 바람직할 것이다.

#### (센서)

자외선이나 기타 방사선은, 예를 들어 피부암을 촉진시키고 기타 여러 가지 유해한 영향을 인간에게 미치는 것으로 믿어지고 있는 것과 같이, 자외선과 기타 다른 방사선에 대한 노출을 측정하는 것은 매우 중요한 것이다.

따라서, 자외선( $10^{-7}$  -  $10^{-9}$  미터), X-Ray( $10^{-9}$  -  $10^{-11}$  미터), 및 감마선( $10^{-11}$  -  $10^{-14}$  미터)과 같은 단파장 방사선을 위한 파장센서 또는 파장센서 어레이를 저비용으로 이용할 수 있도록 하는, 제조가 용이한 장치를 제공하는 것은 매우 바람직할 것이다.

#### (결론)

메모리 장치, 프로그램 가능한 저항기 및 콘덴서 장치, 전기-광학 장치, 및 센서 등과 같은 장치의 광범위한 사용으로 인하여, 이들 여러 가지 모든 장치와 기타 다른 장치들에 적용될 수 있으면서도 낮은 비용으로 용이하게 제작할 수 있는 장치를 제공할 수 있다면 매우 바람직할 것이다.

#### 발명의 상세한 설명

본 발명의 예시적인 구체예에 따라, 프로그램 가능한 금속화셀("PMC")이 제공되며, 이 PMC는 칼코게니드-금속이온과 같은 고속이온도체, 및 전기적 전도재료를 가지며 상기 고속이온도체의 표면에 서로 한 세트 거리 이격되어 배치되는 적어도 2개의 전극(예, 양극과 음극)을 포함한다. 여기에 언급된 칼코게니드(chalcogenide) 재료는 황, 셀레늄 및/또는 텔루륨을 포함하는 모든 화합물들을 포함하는 것이다. 바람직한 구체예에 있어서, 고속이온도체는 칼코게니드와 주기율표 I 그룹 및 II 그룹 금속(가장 바람직하게는, 삼황화비소는: arsenic trisulphide silver)을 포함하고, 양극은 은을 포함하고, 음극은 알루미늄이나 기타 전도 재료를 포함한다.

양극과 음극에 전압이 인가될 때, 비휘발성 금속 덴드라이트는 고속이온도체의 표면을 따라 음극으로부터 양극으로 빠르게 성장한다. 덴드라이트의 성장속도는 인가된 전압과 시간의 함수이다. 전압을 제거하면 덴드라이트의 성장이 정지될 수 있고, 양극과 음극의 전압 극성을 반대로 하면 덴드라이트가 음극 쪽으로 되돌아갈 수 있다. 덴드라이트의 길이의 변화는 PMC의 저항과 용량에 영향을 미친다.

본 발명의 한 특징에 따라, PMC는 메모리 저장 장치로서 이용된다. 보다 구체적으로, 일정 기간에 걸쳐서 일정한 또는 펄스 바이어스를 음극과 양극에 인가함으로써, 특정 길이의 덴드라이트를 형성할 수 있다. 저항과 용량과 같은 측정가능한 전기적 파라미터는 이 덴드라이트의 길이에 관련이 있다. 바람직한 구체예에 있어서, 아날로그와 디지털 값 모두를 본 장치에 저장시킬 수 있다.

본 발명의 다른 특징에 따라, PMC는 프로그램 가능한 저항기/콘덴서 장치로서 사용할 수 있고, 여기에서 비저항 또는 용량값은 적당한 시간동안 DC전압을 인가하여 프로그램시킨다.

본 발명의 또 다른 특징에 따라, 전기광학장치는 넓은 폭의 전극들을 구비하는 PMC를 포함한다. 전극들에 큰 전압이 인가될 때, 덴드라이트 "시트"가 형성되고, 이것은 광학셀을 통과하는 광의 통로를 차단하는 셔터 또는 주사 입사빔을 스크린이나 기타 타겟에 대해 편향시키기 위한 미러 등으로서 작용한다.

본 발명의 또 다른 특징에 따라, PMC는 단파장 방사선 센서로서 이용된다. 금속 덴드라이트의 성장 및 분해 속도가 특정 파장에 민감하기 때문에, 덴드라이트의 성장률의 차이는 입사광의 강도에 보다 관련되어 있다.

#### 도면의 간단한 설명

이하, 첨부 도면을 참조하여 본 발명을 상세히 설명한다.

도1A는 본 발명의 한 구체예에 따른 수평 구성에서의 프로그램 가능한 금속화셀의 평면도,

도1B는 도1A의 1-1선에 따른 단면도,

도2는 예시적인 프로그램 가능한 금속화셀에서 저항과 시간 간의 관계를 보여주는 그래프,

도3은 프로그램 가능한 금속화셀의 예시적 구성에서 용량과 시간 간의 관계를 보여주는 그래프,

도4A는 본 발명의 다른 구체예에 따른 수직 구성에서의 프로그램 가능한 금속화셀의 평면도,

도4B는 도4A의 2-2선에 따른 단면도,

도5A는 본 발명에 따른 예시적인 수평형 메모리 장치의 평면도,

도5B는 도5A의 5-5선에 따른 단면도,

도5C는 본 발명의 다른 구체예에 따른 수평 메모리 장치의 단면도,

도5D는 본 발명의 또 다른 구체예에 따른 수평 메모리 장치의 단면도,

도5E는 본 발명의 또 다른 구체예에 따른 수평 메모리 장치의 단면도,

도6A는 본 발명에 따른 예시적인 수직형 메모리 장치의 평면도,

도6B는 도6A의 6-6선에 따른 단면도,

도7A는 본 발명에 따른 프로그램 가능한 저항/용량 장치의 예시적인 구체예의 평면도,

도7B는 도7A의 7-7선에 따른 단면도,

도8A는 본 발명의 다른 구체예에 따른 프로그램 가능한 저항/용량 장치의 평면도,

도8B는 도8A의 8-8선에 따른 단면도,

도9A는 본 발명에 따른 예시적인 전기-광학 장치의 평면도,

도9B는 도9A의 9-9선에 따른 전기-광학 장치의 단면도,

도10A는 본 발명에 따른 예시적인 방사선 센서의 평면도,

도10B는 도10A의 센서의 10-10선에 따른 단면도.

## 실시예

### 1. 프로그램 가능한 금속화셀

도1A 및 도1B를 참조하면, 본 발명의 한 구체예에 따른 예시적인 가로(수평) 구성의 프로그램 가능한 금속화셀("PMC")이 도시되어 있다. 도1A는 PMC(10)의 평면도이고, 도1B는 도3A의 PMC(10)의 1-1선에 따른 단면도이다.

PMC는 고속이온도체(12) 및 이 고속이온도체(12)의 표면에 배치된 복수의 전극(13,14)(예, 음극 13 및 양극 14)을 포함한다. 선택적으로, 지지 기판(11)을 고속이온도체(12)의 기부, 전극(13,14)의 위, 또는 양자 모두에 제공하여, 장치(10)에 강도와 견고함이 부가되도록 할 수 있다. 기판(11)은 예를 들어 플라스틱, 유리, 반도체 재료 등으로 적절히 구성할 수 있다.

도1A와 도1B를 참조하면, 고속이온도체(12)는 고형 전해질, 황금속이온 유리, 황금속이온 비결정 반도체, 칼코게니드-금속 이온 등을 포함한다. 가장 넓은 의미에서, 본 발명에 따른 칼코게니드 재료는, 황, 셀레늄 및/또는 텔루륨을 함유하는 모든 화합물을 포함하며, 상원, 사원 또는 그 이상의 화합물이든 관계없다. 바람직한 구체예로서, 고속이온도체(12)는 칼코게니드-금속 이온 혼합물이며, 칼코게니드 재료는 비소, 게르마늄, 셀레늄, 텔루륨, 비스무트, 니켈, 황, 폴로늄, 및 아연(바람직하게, 황화비소, 황화게르마늄, 또는 셀렌화게르마늄)으로 구성된 군으로부터 선택되고, 금속에는 여러 I 그룹 및 II 그룹 금속들(바람직하게, 은, 동, 아연 또는 이들의 조합)이 포함된다. 칼코게니드-금속 이온 혼합물은 광분해, 칼코게니드와 금속을 포함하는 원료로부터의 침적, 또는 기타 이미 알려진 공지기술들에 의해 획득할 수 있다.

도1A와 도1B를 참조하면, 자장 바람직한 구체예에 있어서, 고속이온도체(12)는 삼황화비소은( $\text{As}_2\text{S}_3\text{-Ag}$ )을 포함한다. 은은 500 나노미터보다 작은 파장의 광으로 은박막과  $\text{As}_2\text{S}_3$  층을 조사하여  $\text{As}_2\text{S}_3$  안으로 도입한다. 은이 충분할 때, 이 공정을 따르면, 미네랄 스미타이트( $\text{AgAsS}_2$ )와 화학량적으로 유사하고 안정된 비결정 물질인 삼원 화합물의 형태로 된다. 바람직하게, 충분한 은을 칼코게니드 표면에 침적하여 전체의 칼코게니드 층에 걸쳐 평형상을 형성한다. PMC(10)가 평형상인 고속이온도체(12) 없이 작용하는 것이 가능하지만, 이런 PMC(10)의 작용에는 매우 높은 전압이 요구된다.

도1A와 도1B를 참조하면, 전극(13,14)은 고속이온도체(12)의 표면에 서로 거리를 두고 적절히 배열되어 있고, 바람직하게 거리( $d_1$ )는 수백 미크론에서 수백분의 일 미크론의 범위로 형성한다. 전극(13,14)에는 고속이온도체(12)에서 금속이온을 빠르게 이동시킬 수 있는 전기장을 형성하는 모든 종류의 전기적 전도재료를 포함할 수 있다.

전극(13,14)에 전압을 인가시키면, 금속 덴드라이트(15)가 전극(13:즉 음극)으로부터 성장하며, 이 전극은 전원의 음극에 연결된다. 덴드라이트(15)는 높은 국부 전기장에 의해 만들어진 음극(13) 위에 양이온의 고형용액(예, 은의 양이온)으로부터 침전에 의해 성장한다. 덴드라이트(15)는 고속이온도체(12)의 표면을 가로질러 반대전극(14)에 이를 때까지 성장되도록 할 수 있고, 이로써 갭이 폐쇄되고 전기회로가 완성된다.

선택적으로, 전원을 차단하거나 양극(14)의 앞에 물리적인 절연 장애물을 위치시켜서 덴드라이트(15)가 양극(14)에 도달하기 전에 덴드라이트(15)의 성장이 정지하도록 할 수 있다. 덴드라이트(15)가 대향 전극(14)에 접촉되지 않는 한, 전극(13,14)의 전압을 반대로 인가함으로써 용이하게 그 성장을 멈추게 하거나 후퇴시킬 수 있다.

덴드라이트(15)의 길이의 변화는 PMC(10)의 저항 및 용량에 영향을 미친다. 이런 변화는 종래 기술에 공지된 간단한 회로망을 사용하여 용이하게 검출할 수 있다. 덴드라이트(15)의 또 다른 중요한 특성은 그것이 비휘발성이라는 것이다. 즉, 금속 덴드라이트(15)는 전극(13,14)으로부터 전압을 제거하였을 때 그 상태로 그대로 남아 있게 된다.

도1A와 도1B를 참조하면, 고속이온도체(12)가  $\text{As}_2\text{S}_3\text{-Ag}$ 인 바람직한 구체예에 있어서, 양극(14)이 고형의 은층 또는 은-알루미늄 이중층과 같은 은을 포함한다. 이로써 양극(14)이 소모전극으로 작용할 때, 빠른 덴드라이트 성장이 상대적으로 낮은 전기장에서 발생하도록 한다. 음극(13)은 고형 은층, 알루미늄층, 또는 은-알루미늄 이중층으로 할 수 있고, 일부 구성에 있어서는 알루미늄이 바람직한 재료이다. 전극(13,14)이 은을 포함하는 경우(예, 순수 은 또는 알루미늄-은 이중층), 덴드라이트(15)는 전원의 마이너스 쪽에 연결된 전극으로부터 성장한다. 전압을 반대로 인가하면, 이전의 덴드라이트는 용해 및 후퇴하여 새로운 덴드라이트가 반대 전극으로부터 성장한다. 선택적으로, 음극(13)이 알루미늄을 포함하고 양극(14)이 순수 은이나 은-알루미늄 이중층을 포함하는 경우, 덴드라이트(15)는 음극(13)으로부터만 성장할 것이다. 전압극성을 반대로 하면, 덴드라이트(15)는 음극(13) 쪽으로 후퇴하지만, 반대 전극(14)으로부터 덴드라이트의 성장은 일어나지 않거나 적을 것이다. 양극(14) 또는 음극(13)과 양극(14) 모두가 알루미늄 또는 또 다른 비용해 금속(예, 금)을 포함하면, 덴드라이트(15)의 성장은 극단적으로 느리게 되고 높은 인가 전압을 요구하게 된다.

도1A와 도1B를 참조하면, 덴드라이트(15)의 성장속도는 인가전압과 시간의 함수이다. 저전압은 상대적으로 느린 성장을 가져오는 반면, 고전압은 매우 빠른 성장을 발생시킨다. 동일 기하학적 구조의 장치(즉, 수 미크론의 폭)에 있어서, 대략 0.5볼트 내지 1.0볼트 범위의 전압은  $10^{-3}$  m/s 보다 큰 성장속도를 가지는 단일의 덴드라이트 구조를 형성하지만, 10볼트를 초과하는 전압은 단일의 덴드라이트이기보다는 전극(13,14) 사이에 덴드라이트(15)의 "시트"를 형성할 수 있다.

도1A와 도1B를 참조하면, 폴리이미드 또는 노보락(novolac)과 같은 유연한 중합체 코팅(도시되지 않음)을 고속이온도체(12)와 전극(13,14) 위에 배치함으로써, 덴드라이트(15)의 성장을 허용하면서도 습기나 물리적 손상으로부터 PMC(10)를 보호하도록 할 수 있다.

도2와 도3을 참조하면, PMC에서의 저항과 시간 및 용량과 시간 사이의 관계를 각각 보여주고 있다. 이런 결과를 얻기 위해 사용된 PMC는 상대적으로 큰 장치(즉, 전극과 전극 사이가 약 12미크론)였다. 그럼에도 불구하고, 이들 결과는 PMC의 일반적인 전기적 특성의 명백한 개관을 제공하고 있다.

특히, 도2를 참조하면, 곡선(32)은 PMC의 저항과 시간 사이의 관계를 나타낸 것이다. PMC의 전극에 임의의 전압을 인가하기 전에, PMC의 저항은 약 2.65메그옴이다. 0.7V의 적은 전압 바이어스를 일련의 0.5초 펄스로 전극에 인가할 때, PMC의 저항은 전극에의 전압인가 시간에 반비례하는 관계가 있음을 보여주고 있다. 예를 들어 전압인가 4.5초 이후의 저항값은 약 550Kohm에서 약 2.1메그옴 감소되고 있다. 저항값의 큰 변화는 보다 적은 PMC 장치나 큰 전압이 사용될 때 달성된다.

도3을 참조하면, 곡선(42)은 PMC 용량의 시간에 대한 관계를 보여준다. 0.7 볼트 바이어스의 약 0.5초 인가에 있어서, PMC 장치에 대한 용량은 약 0.45 피코패럿(pF)이다. 0.7볼트를 일련의 0.5초 펄스로 전극에 인가할 때, PMC의 용량은 4.5초 후에 약 0.9 피코패럿으로 빠르게 증가한다. 용량의 증가는 사용된 PMC장치가 작고 인가된 전압이 클수록 더욱 커진다.

도4A와 도4B를 참조하면, 본 발명의 다른 구체예에 따른 수직구성의 PMC(20)이 도시되어 있다. 도1A와 도1B의 수평구성은 그 제조가 보다 용이하고 관련 제조비용이 더 적은 동시에, 이 수직구성은 훨씬 콤팩트한 장치라는 이점을 제공한다. 도4A는 수직구성 PMC(20)의 평면도이고, 도4B는 도4A의 2-2선에 따른 PMC(20)의 단면도이다.

도4A와 도4B를 참조하면, 전극(23: 예, 음극)과 전극(24: 예, 양극)은 평행한 평면에 서로 이격되어 위치한다. 고속이온도체(22)는 두 전극(23, 24)의 사이에 배치되거나 끼워져 있다. 음극(23)에 전압이 인가될 때, 덴드라이트(25)는 음극(23)으로부터 고속이온도체(22)의 표면을 따라 양극(24) 쪽으로 성장한다. 바람직한 구체예에 있어서, 지지기판(21)이 전극(24 또는 23)에 인접하여 제공되어 PMC(20)를 지지하고 견고하게 한다.

## II. 금속 덴드라이트 메모리

상기한 바와 같이, PMC는 여러 가지의 기술에 적용될 수 있으며, 이런 적용중의 하나가 메모리 장치이다.

도5A와 도5B를 참조하면, 예시적인 메모리셀, 즉 금속 덴드라이트 메모리("MDM") 셀(50)이 수평과 수직 구성으로 도시되어 있다. 도5A는 MDM(50)의 평면도이고 도5B는 도5A의 5-5선에 따른 MDM(50)의 단면도이다.

도시된 구체예에서, MDM(50)은 메모리셀 또는 장치의 물리적 지지체로서 제공된 기판(51)을 포함하고 있다. 기판(51)이 비절연체이거나 또는 MDM(50)에 사용된 재료와 비양립적인 경우, 기판(51)으로부터 MDM(50)의 활성부분을 격리시키기 위해 기판(51)에 절연층(56)을 배치할 수 있다. 다음에 고속이온도체(52)를 기판(51)에 형성한다(절연체가 사용되는 경우에는 절연층(56)에 형성한다). 고속이온도체(52)는 셀(50)에 인접될 수 있는 메모리셀 또는 장치로부터의 격리를 위해 적절히 패턴시킬 수 있다.

고속이온도체(52)의 치수(예, 길이, 폭 및 두께)는 부분적으로 MDM(50)의 전기적 특성을 결정한다. 예를 들어, 고속이온도체(52)가 얇고 폭보다 큰 길이를 가지면, MDM(50)의 저항값은 고속이온도체(52)가 두껍고 그 길이보다 폭이 큰 때의 저항값보다 크게 될 것이다.

도5A와 도5B를 참조하면, 전극 재료를 도체(52) 상에 침적하고, 전극(53: 예, 음극) 및 전극(54: 예, 양극)을 형성하도록 적절히 패턴시킨다. 전압이 음극(53)과 양극(54)에 인가될 때, 덴드라이트(55)는 음극(53)으로부터 고속이온도체(52)의 표면을 따라 양극(54) 쪽으로 성장한다. 전극(53, 54)의 형상과 치수는 장치(50)의 전기적 특성에 영향을 줄 것이다. 예를 들어, 전극(53)이 좁거나 포인트로 되어 있으면, 전극(53) 주위의 전기장이 크게 되고 덴드라이트(55)의 성장이 빠를 것이다. 한편, 전극(53)이 넓은 구성이면, 전극(53)의 전기장은 상대적으로 작게 되고 전극(53)으로부터의 덴드라이트(55)의 성장률이 낮을 것이다.

도5A와 도5B를 참조하면, 다음에 절연층(59)을 장치(50)에 침적한다. 이 절연층(59)은 기계적 손상이나 화학적 오염으로부터 MDM(50)의 활성영역을 보호한다. 다음에 홀(35)을 절연층(59)에 적절히 형성하여 각각 전극(53, 54)과 전기적으로 연결되는 접점(57, 58)을 형성할 수 있도록 한다.

도5A와 도5B를 참조하면, 당해 기술분야의 지식자라면 이것만이 구현할 수 있는 수평MDM 장치의 구성과 구축방법이 아니라는 것을 인식할 수 있을 것이다. 예를 들어, MDM(50)에 관한 대안적인 구성으로서 기판(51) 상에 전극(53, 54)을 형성하고 이들 전극들 위에 고속이온도체(52)를 형성하는 것을 포함할 수 있다. 이런 구성에 있어서 덴드라이트(55)는 기판(51)과 고속이온도체(52) 사이의 계면을 따라 성장할 것이다.

도5C를 참조하면, 여기에 도시된 장치는 도5A와 도5B의 메모리셀, 즉 금속 덴드라이트 메모리셀과 유사하지만, 여기에는 추가의 전극이 제공되어 있다. 특히, 도5C를 참조하면, MDM셀(250)은 고속이온도체(252)를 지지하는 절연체/기판부(251)를 포함한다. 도5A와 도5B에 도시된 구성의 경우와 마찬가지로, 고속이온도체(252)는 다중 인접 셀 또는 장치로부터의 격리를 제공하기 위하여 적절히 패턴시킬 수 있다. 다음에 전극 재료를 음극으로서 기능하는 전극(253)과 양극으로서 작용하는 전극(254)을 형성하도록 침적 및 패턴시킨다. 전압이 음극(253)과 양극(254)에 인가될 때, 덴드라이트(255)는, 도5C에 도시된 바와 같이, 고속이온도체(252)의 표면을 따라 전극(254) 쪽으로 성장한다. 도5A와 도5B의 배열과 마찬가지로, 각각 음극(253)과 양극(254)을 접속하도록 접점(257, 258)을 제공한다.

추가하여, 도5C에 도시된 바와 같이, 두 개의 추가전극(260, 262)을 각각의 접점(264, 266)에 제공한다. 현실적으로 본 발명의 이런 특징에 따라, 도5C에는 비록 두 전극(260, 262)이 모두 존재하지만, 두 전극(260, 262) 모두 또는 둘 중 어느 하나를 제공할 수도 있는 것이다.

본 구체예에 따른 추가 전극(260 및/또는 262)은 덴드라이트(255)와 동일한 평면에 제공되고, 도5C에 도시된 재료(270)에 의해 분리되어 있으며, 재료(270)는 유전재료 또는 저항재료 중 어느 하나를 사용할 수 있다. 유전재료의 경우에, 도5C에 도시된 장치는 전극(253, 254) 사이는 물론, 전극(253)과 전극(260) 사이, 전극(253)과 전극(262) 사이, 및 전극(260)과 전극(262) 사이에 프로그램 가능한 용량을 나타낸다. 여러 전극 사이의 프로그램 가능한 용량은 덴드라이트(255) 성장의 크기에 의해 프로그램된다.

재료(270)가 저항재료인 상태의 경우, 덴드라이트 성장의 크기에 따라서 대응하는 프로그램 가능한 저항을 나타낸다. 특히, 프로그램 가능한 저항은 전극(253, 254) 사이는 물론, 전극(253)과 전극(260) 사이, 전극(253)과 전극(262) 사이, 및 전극(260)과 전극(262) 사이에 존재한다. 모든 저항의 크기는 전극(253, 254) 사이에 성장된 덴드라이트의 길이에 따른 것이다.

도5C에 도시된 장치는 두 전극만을 구비한 도5A와 도5B의 장치에 비하여 여러 가지 이점을 제공한다. 특히, 덴드라이트의 길이와 이에 따른 장치의 용량 및/또는 저항의 변화 없이 전극(253, 254) 외의 다른 전극들의 모든 조합 사이에 DC 바이어스 전압을 인가할 수 있다. 이것은 메모리 어레이나 기타 다른 전자회로 적용에 이 장치를 사용하는 것에 대하여 중요한 의미를 가진다. 이와 동일한 중요성과 이점이 네 개의 전극이 아닌 세 개의 전극을 가진 장치에도 적용된다. 덴드라이트 성장은 전극(253, 254) 사이에서 발생하도록 제한되고, 어떤 다른 전극들 사이에서도 발생하지 않는다. 따라서 두 전극(253, 254)은 장치의 출력 단말인 다른 전극들을 구비한 장치의 프로그램 가능한 단말인 것이다.

도5D를 참조하면, 이 장치는 도5C의 장치에 유사한 단면으로 도시되어 있지만, 추가 전극이나 전극들이 덴드라이트와 동일 평면이 아닌 덴드라이트의 평면 위에 제공되어 있는 것이다. 도5D에 도시된 바와 같이, MDM셀(350)은 고속이온도체(352)를 지지하는 절연체/기판부(351)를 포함하고 있다. 도5A, 도5B 및 도5C에 도시된 구조의 경우와 마찬가지로, 고속이온도체(352)를 다중의 인접한 셀 또는 장치로부터의 격리를 제공하기 위하여 적절히 패턴시킨다. 다음에 전극 재료를 음극으로서 기능하는 전극(353)과 양극으로서 작용하는 전극(354)을 형성하도록 침적 및 패턴시킨다. 전압이 음극(353)과 양극(354)에 인가될 때, 덴드라이트(355)는, 고속이온도체(352)의 표면을 따라 전극(354) 쪽으로 성장한다. 음극(353)과 양극(354)을 접속하도록 접점(357, 358)을 각각 제공한다. 추가하여, 하나 또는 두개의 추가전극을 제공할 수 있고, 그들 전극 중 하나의 전극(360)은 도5D에 도시된 바와 같이 덴드라이트(355) 평면의 적절한 상부에 있고, 접점(364)을 구비하고 있다.

본 구체예에 따른 추가적인 전극 또는 전극들(360)을, 도5D에 도시된 바와 같이 재료(370)에 의해 분리시키며, 이 재료는 유전재료 또는 저항재료 중 어느 하나일 수 있다. 유전재료인 경우, 도5D에 도시된 장치는 전극(353,354) 사이는 물론, 전극(353)과 전극(360) 사이, 도시된 전극(360)과 존재할 경우 고속이온도체 아래의 다른 전극(362:도시되지 않음) 사이, 및 전극(360)과 전극(354) 사이에 프로그램 가능한 용량을 보인다. 여러 전극 사이의 프로그램 가능한 용량은 덴드라이트(355)의 성장의 크기에 의해 프로그램된다.

재료(370)가 저항재료인 상태의 경우에 있어서, 이 장치는 덴드라이트 성장의 정도에 따라 대응하는 프로그램 가능한 저항을 나타낸다. 특히, 프로그램 가능한 저항은 전극(353,354) 사이는 물론, 전극(353)과 전극(360) 사이, 전극(353)과 전극(362:존재할 경우) 사이, 및 전극(360)과 전극(362: 존재할 경우) 사이에 프로그램 가능한 용량을 보인다. 저항의 크기는 전극(353,354)의 사이에 성장된 덴드라이트의 길이에 따른 것이다.

도5C와 마찬가지로 도5D의 장치도, 두 전극만을 구비한 도5A와 도5B의 장치에 비하여 몇몇 이점을 제공한다. 특히, 덴드라이트의 길이와 이에 따른 장치의 용량 및/또는 저항의 변화 없이 전극(353,354) 외의 다른 전극들의 모든 조합 사이에 DC 바이어스 전압을 인가할 수 있다. 이것은 메모리 어레이나 기타 다른 전자회로 적용에 이 장치를 사용하는 것에 대하여 중요한 의미를 가진다. 이와 동일한 중요성과 이점이 네 개의 전극을 가지는 장치 뿐만 아니라 세 개의 전극을 가진 장치에도 적용된다. 덴드라이트 성장은 전극(353,354) 사이에서 발생하도록 제한되고 어떤 다른 전극들 사이에서도 발생하지 않는다. 따라서 두 전극(353,354)은 장치의 출력 단말인 다른 전극들을 구비한 장치의 프로그램 가능한 단말인 것이다.

도5E를 참조하면, 도5D와 유사하지만 추가의 전극 또는 전극들이 덴드라이트의 평면 아래의 평면에 제공되어 있다. 도5E의 MDM셀(450)은 고속이온도체(452)를 지지하는 절연체/기판부(451)를 포함하고 있다. 이전의 구체예의 경우와 마찬가지로, 고속이온도체(452)를 다중의 인접한 셀 또는 장치로부터 격리를 제공하기 위하여 적절히 패턴시킨다. 다음에 전극재료는 음극으로서 기능하는 전극(453)과 양극으로서 작용하는 전극(454)을 형성하도록 침적 및 패턴시킨다. 전압이 음극(453)과 양극(454)에 인가될 때, 덴드라이트(455)는, 고속이온도체(452)의 표면을 따라 전극(454) 쪽으로 성장한다. 점점(457,458)을 각각 음극(453)과 양극(454)을 접속하기 위해 제공한다. 추가하여, 하나 또는 두개의 추가 전극을 제공할 수 있고, 그들 중 하나(460)는, 도5E에 도시된 바와 같이, 덴드라이트(455) 평면의 적절한 하부에 있다.

전극(460)에 대한 전기적인 접속은, 도5E에 특별히 도시되어 있지는 않지만, 기판(451)과 절연체(456)를 통하는 절연 또는 격리된 비아홀을 통하여, 또는 반대 방향으로부터 전극(460) 안으로 뻗은 적절한 절연 또는 격리된 비아홀, 즉 유전 재료 또는 저항재료로 구성될 수 있는 부분(470)을 통하여, 당해 기술 분야의 공지된 기술에 의하여 적절히 이루어질 수 있다.

유전재료인 경우, 도5E에 도시된 장치는 전극(453,454) 사이는 물론, 전극(453)과 전극(460) 사이, 도시된 전극(460)과 고속이온도체 상부의 다른 전극(462: 제공된 경우, 도시되지 않음) 사이, 및 전극(460)과 전극(454) 사이에 프로그램 가능한 용량을 보인다. 여러 전극 사이의 프로그램 가능한 용량은 덴드라이트(455)의 성장 정도에 의해 프로그램된다.

부분(470)의 재료가 저항재료인 경우에 있어서, 이 장치는 덴드라이트 성장의 정도에 따라서 대응하는 프로그램 가능한 저항을 나타낸다. 특히, 프로그램 가능한 저항은 전극(453,454) 사이는 물론, 전극(453)과 전극(460) 사이, 전극(453)과 전극(462: 존재할 경우) 사이, 및 전극(460)과 전극(462: 존재할 경우) 사이에 프로그램 가능한 용량이 존재한다. 저항의 크기는 전극(453,454)의 사이에 성장된 덴드라이트의 길이에 따른 것이다.

도5C 및 도5D와 같이 도5E에 도시된 장치도, 두 전극만을 구비한 도5A와 도5B의 장치에 비하여 몇몇 이점을 제공한다. 특히, 덴드라이트의 길이와 이에 따른 장치의 용량 및/또는 저항의 변화 없이 전극(453,454) 외의 다른 전극들의 모든 조합 사이에 DC 바이어스 전압을 인가할 수 있다. 이것은 메모리 어레이나 기타 다른 전자회로 적용에 이 장치를 사용하는 것에 대하여 중요한 의미를 가진다. 이와 동일한 중요성과 이점이 네 개의 전극을 사용하는 장치뿐만 아니라 세 개의 전극을 가진 장치에도 적용된다. 덴드라이트 성장은 전극(453,454) 사이에서 발생하도록 제한되고 어떤 다른 전극들 사이에서도 발생하지 않는다. 따라서 두 전극(453,454)은 장치의 출력 단말인 다른 전극들을 구비한 장치의 프로그램 가능한 단말인 것이다.

도6A와 도6B를 참조하면, 수직으로 구성된 예시적인 MDM(60)이 도시되어 있다. 도6A는 MDM(60)의 평면도이고, 도6B는 6-6선에 따른 도6A의 단면도이다.

도6A와 도6B를 참조하면, MDM(60)은 메모리셀 또는 장치에 대한 물리적 지지를 제공하는 기판(61)을 포함하며, 적당한 경우 MDM(60)의 활성 부분으로부터 기판(61)을 절연하기 위한 절연체(68)를 포함할 수 있다.

도6A와 도6B를 참조하면, 전극(63)을 절연체(68)에 위에 형성한다. 다음에 전극(63)의 일부 위에 절연층(66)을 침적 및 패턴시켜서 공지된 기술을 이용하여 비아홀(69)을 형성시킨다. 비아홀(69)은 MDM(60)의 활성영역에 대한 하우징으로 작용한다. 다음에, 고속이온도체(62)를 통상의 기술을 사용하여 비아홀(69) 내에 침적시키므로써, 홀(69)의 상부로부터 아래의 전극(63)으로 신장시키며, 여기에서 전기적인 연결이 이루어진다. 다음에, 덴드라이트의 성장을 방해하지 않는 유연한 절연 재료와 같은 비아필(67)을 사용하여 비아홀(69)의 충전되지 않은 부분을 충전하므로써, 홀을 보호하고 홀(69)의 충전으로 인하여 층 또는 재료가 중첩되는 것을 방지한다.

도6A와 도6B를 참조하면, 다음에 전극(64)을 형성하며, 이 전극(64)의 적어도 일부분을 고속이온도체(62)와 전기적으로 접속하도록 한다. 바람직하게 전극(64)은 전극(63)에 의해 형성된 평면에 평행인 평면 상에 직각으로 형성한다. 절연체(68)에 의해 전극(64)이 전극(63)과 직접 전기적으로 접속하는 것을 방지한다. 전압을 전극(63,64)에 인가할 때, 덴드라이트(65)는 비아홀(69)의 내부를 따라 고속이온도체(62)의 표면에 수직으로 성장하고, 덴드라이트(65)는 음극(예, 전극 63)으로부터 양극(예, 전극 64) 쪽으로 뻗어간다.

도6A와 도6B를 참조하면, MDM(60)의 수직구성은 도5A와 도5B의 수평구성의 MDM 보다 상당히 콤팩트하며, 따라서 단위 면적당 보다 많은 MDM 소자를 제작할 수 있는 것과 같이 "고밀도" 구성을 고려할 수 있다. 예를 들어, 수직형에 있어서는 고속이온도체를 개재한 상태로 다중으로 교대하는 양극과 음극층을 적층하여 저장용량을 매우 증가시킬 수 있다. 25Mb/cm<sup>2</sup>를 초과하는 저장밀도가 단일의 수직구조에서 가능하고, 이 밀도는 양극-음극-양극의 배열에 의해 배가될 것이다. 이런 배열에 있어서, 최대 저장밀도는 횡형 디코더 회로의 사이즈와 복잡성에 의해 제한될 수 있다. 그러나, MDM의 저장 스택이 집적회로에 조립되면, MDM 소자가 어떤 실리콘 실공간도 사용하지 않기 때문에, 전체 반도체칩 영역이 행/열 해독, 감지 증폭기, 및 데이터 관리 회로에 전적으로 사용될 수 있다. 이것은 수 Gb/cm<sup>2</sup>의 저장밀도를 이룰 수 있도록 해줄 것이다. 이런 방식으로 사용될 때, 본질적으로 MDM은 현존하는 실리콘 집적회로 기술에 성능과 기능을 부가하는 부가적 기술이다.



도5와 도6의 예시적인 MDM은 통상의 실리콘 기초의 마이크로일렉트로닉스로부터의 의미 있는 하나의 이탈이다. 제어전자공학이 동일한 칩에 포함되어 있지 않다면, MDM의 작동에 실리콘은 필요하지 않다. 또한, MDM의 전체 제조공정은 대부분의 기본적인 반도체 제조공정 기술보다 훨씬 간단하다. MDM의 비싸지 않은 재료 비용과 간단한 제조공정에 따라, MDM은 다른 메모리 장치들 보다 훨씬 제조단가가 낮은 메모리 장치를 제공한다.

### 1. PROM 및 안티퓨즈(Anti-Fuse) 적용

도5와 도6을 참조하면, MDM(50)과 MDM(60)을 PROM 형 메모리 장치로서 이용할 수 있다. 대부분의 최근의 PROM들은 프로그램하는 동안 끊어지거나 파손되는 용융성 링크를 사용하고 있다. 일단 링크가 끊어지면, 이를 다시 만들 수 없다. 본 발명의 MDM은 절단보다는 오히려 연결을 만드는 능력을 제공한다. 이것은 보다 많은 유연성과 자유로움을 제공함으로써 보다 바람직하다. 예를 들어, 잘못된 링크(즉, 덴드라이트)가 만들어지면, 이 링크는 항상 통상적인 퓨즈와 마찬가지로 끊어질 수 있다. 또한, MDM의 덴드라이트는 수많은 사이클의 형성/차단을 견딜 수 있다. 따라서 다수의 재프로그램 사이클이 가능하다.

또한, 본 발명의 MDM은 프로그램 가능한 논리 어레이("PLA")에 사용될 수 있다. PLA에 있어서, 게이트 또는 가산기와 같은 논리소자의 블록이 형성되지만 연결되지 않는다. 이런 연결은 특정한 작은 체적의 적용(예, 기성된 칩 설계를 조절할 수 없도록 하는 적용)을 적합하게 만든다. 전통적으로, 여러 가지 논리소자 사이의 최종 연결은 제조 시설에서 만들어진다. 그러나, 본 발명의 MDM은 금속 덴드라이트로 칩의 섹션 사이의 견고한 연결을 전기적으로 규정하는 것이 상대적으로 용이하기 때문에, 이런 PLA 장치가 "현장 프로그램 가능"하도록 하는 것이다.

또한 안티퓨즈는 프로세스-유도 결함과 서비스 실패에 대처하기 위해 여분의 기술이 사용되는 집적회로에서 발견된다. 예를 들어, 64Mbit DRAM과 같은 복잡한, 고밀도 회로는 실제로 사용되는 것 보다 많은 메모리가 칩에 실려 있다. 칩의 한 섹션이 프로세스 중에 손상되거나 작동 중에 고장나면, 여분의 메모리가 회선으로 보내져서 보상하게 된다. 전형적으로, 이런 프로세스는 메모리 칩상의 논리 게이트에 의해 제어되고 계속적인 자기진단과 전기적인 재구성을 요한다. 본 발명에 따른 MDM은 이런 메모리 칩에 통합시켜서 필요한 때 칩의 내부에 새로운 연결을 적절히 형성하도록 할 수 있다.

본 발명에 따라, 덴드라이트의 성장을 촉진하도록 MDM의 전극에 일정한 또는 펄스 바이어스를 인가하여, PROM 배열 MDM("MDM-PROM")에 데이터를 기록할 수 있다. 금속 덴드라이트는 양극에 도달이 허용되어서 낮은 저항의 안티퓨즈 연결을 형성한다. 이런 연결은 메모리 시스템의 저항과 용량 모두를 변화시킨다. MDM-PROM 메모리셀은 덴드라이트 연결을 통해 적은 전류(즉, 덴드라이트를 손상시키지 않은 정도의 적은 전류)를 통과시켜 용이하게 "판독" 할 수 있다. MDM-PROM의 소거는 덴드라이트를 통해 큰 전류를 통과시켜 덴드라이트를 파괴하고 연결을 절단하도록 함으로써 이루어진다. MDM의 반대 전극들 사이에 여전히 충분한 금속이온 재료가 남아 있다면, 이후에 새로운 덴드라이트를 적절히 성장시킬 수 있다.

MDM-PROM에 있어서, 덴드라이트로 연결된 두 전극 사이의 전기적인 변화는, MDM 셀에 트랜지스터가 필요하지 않을 정도로 크다. 이것은 수평 또는 수직 구성 어느 쪽 MDM을 사용하는가에 관계없이 사실이다. 수직의 고밀도 구성에 있어서, 메모리 소자의 크기는 양극/고속이온도체/음극 기하학적 구조만의 함수이다. 기하학적 구조는 본 발명의 메모리를 최대한 콤팩트한 전기적 저장수단으로 이용될 수 있게 하며, 기억소자의 부분에 트랜지스터를 필요로 하는 플로팅 게이트(floating gate) 또는 강유전성 메모리들 보다 훨씬 콤팩트하다. 또한, 두 수평 및 수직 MDM 구성은 실질적으로 모든 화학적 및 기계적으로 안정한 기판 재료 위에 형성할 수 있다. 부가적인 회로를 위해 실리콘을 필요로 한다면, MDM은 실리콘 기판에 간단히 형성할 수 있다.

### 2. EEPROM 적용

도5와 도6을 참조하면, 저항 또는 용량과 같은 전기적인 파라미터에서 비휘발성 변화를 생성하고 제어하는 것에 대한 성능은, 본 발명에 따른 MDM을 전통적인 EEPROM 또는 FLASH 기술을 달리 이용하는 많은 적용에 사용할 수 있도록 해준다. 현재의 EEPROM 및 FLASH 메모리를 능가하는 본 발명에 의해 제공되는 이점에는, 다른 것보다도 여러 가지 응용에 용이하게 적용할 수 있는 유연한 제작기술을 사용한다는 성능과 낮은 생산비용이 포함된다. MDM은 스마트 카드 및 전자 명세표와 같이 일차적인 관심이 비용에 있는 적용에 특히 유용하다. 또한, 플라스틱 카드에 직접 메모리를 형성하는 성능도 다른 모든 반도체 메모리에서는 불가능하므로 이들 적용에 있어서 상당한 이점이다.

나아가, 본 발명의 MDM 장치에 따라서, 메모리 소자는 수평방 미크론 보다 작은 크기로 할 수 있으며, 장치의 활성부분은 1미크론 보다 작게 할 수 있다. 이것은 각각의 장치와 그것의 연관된 상호연결이 수십 평방 미크론을 차지하는 전통적인 반도체 기술에 비하면 상당한 이점이다.

본 발명의 다른 구체예에 따라, 패스 트랜지스터가 DRAM 형 밀도를 가지는 EEPROM 장치를 제공하기 위하여 EEPROM 배열 MDM("MDM-EEPROM")에 사용된다. 대안으로, 복수의 장치를 가지는 어레이에서 셀-셀의 단락회로를 방지하기 위하여, MDM 장치 또는 독립된 다이오드 또는 박막트랜지스터("TFT")의 재료들을 실리콘 패스 트랜지스터 대신 사용할 수 있다.

본 발명에 따라, MDM의 전극에 일정한 또는 펄스 바이어스를 인가하여 덴드라이트의 성장을 촉진함으로써, MDM-EEPROM에 데이터를 기록할 수 있다. 덴드라이트의 성장은 장치의 저항과 용량 양자를 변화시키며, 이 두 변화는 용이하게 측정할 수 있다. MDM-EEPROM에서, 전압이 인가될 때 덴드라이트가 양극에 도달하고 양극과 전기적으로 결함하는 것을 방지하기 위하여 양극에 인접하여 산화벽과 같은 절연층을 배치할 수 있다. MDM-EEPROM셀은 MDM 장치에 적은 AC 신호를 인가함으로써(즉, 양극과 음극을 번갈아 바꿈으로써) 용이하게 "판독"할 수 있다. 덴드라이트를 전후로 "파동"시키지만 완전하게 성장시키거나 후퇴시키지 않는 이런 AC 시그널은, 고저 상태의 주변에서 용량과 저항의 다이내믹한 변화를 가져온다. MDM-EEPROM을 "재기록" 또는 "소거"하는 것은, 단지 덴드라이트 성장의 반대 방향으로 바이어스 전압을 인가하는 것(양극과 음극을 반대로 하는 것)을 포함한다. 하나의 전극이 알루미늄을 포함하고 다른 전극이 은을 포함하는 바람직한 구체예에 있어서, 덴드라이트는 단지 알루미늄 전극으로부터 성장하고 알루미늄 전극 쪽으로 후퇴할 것이다. 후퇴가 일어나는 동안 새로운 덴드라이트가 은 전극으로부터 형성되지 않는다.

MDM 소자는 고도의 비휘발성 특성을 나타내기 때문에, 그리고 덴드라이트의 위치(결과의 저항과 용량)는 인가된 전압의 크기와 시간의 함수이기 때문에, 다중 상태 즉 n-상태 논리 저장이 또한 가능하다. 이런 저장 체제에서는, 2 레벨(즉, 바이너리) 이상의 레벨이 각각의 저장셀에 유지될 수 있다. 따라서, 전체 저장밀도가 크게 증가한다. 예를 들어, 4-상태 저장(4개의 덴드라이트 위치를 사용하여 가능함)은 동일한 저장셀 사이즈에 대해 단위 면적당 2배의 저장용량을 가능케 한다. 따라서, 본 발명에 따라, MDM은 디지털량 보다는 연속적인 아날로그량을 저장할 수 있다. 전통적인 메모리 기술에 있어서 이런 아날로그 값의 저장은 불가능하지는 않지만 극단적으로 어렵다.

### 3. 군사 및 우주 적용

본 발명은 다른 '잠재적인 분야의 사용을 이끌어 내는 데 많은 기여를 한다. 모든 판독/기록 전자 메모리는 전하저장의 원리에 근거를 두고 있다. DRAM에 있어서, 전하는 수 마이크로초 동안에 저장되고, EEPROM에 있어서 전하는 수년동안 저장될 수 있다. 그러나, 불행하게도, 예를 들어 이온화 방사선과 같이 이런 전하를 변화시킬 수 있는 여러 가지 작용들이 있다. 예를 들어, 군사와 우주의 적용에 있어서, 알파입자는 전형적인 반도체 장치를 관통할 때 반도체 장치의 전하를 변경시키는 하전된 흔적을 남기게 된다. 메모리 기술에 있어서, 이것은 불확실한 에러와 데이터 변조를 유도한다. 한편, 본 발명은 전하의 저장에 기초하지 않고 재료의 물리적 변화에 의존하며, 재료는 상대적으로 많은 분량의 방사선에 의해 영향받지 아니한다. 바꾸어 말하면, 본 발명은 방사선에 강하다. 이것은 항공기 또는 선박 시스템과 같은 고도한 상업 시스템뿐만 아니라 군사와 우주 시스템에 대하여 상당한 이점을 제공한다.

#### 4. 인공신경 시스템

본 발명의 또 다른 적용은, 인공신경 시스템("SNS")이다. SNS 장치는 인간의 뇌의 작용에 근거를 둔 것이며, 다음 세대의 계산 및 제어 장치로 예정된 것이다. SNS 장치는 "학습" 과정의 일부로서 소자들 사이에 연결을 만드는 능력에 의존한다. 연결은 가장 활동적인 회로 노드들(즉, 많은 시간 동안 존재하는 시그널을 가지는 노드들) 사이에 형성된다. 입력에 의한 본 시스템의 "트레이닝(training)"은 포선논리의 형태로 된다. 그러나, 이런 타입의 시스템은 전통적인 실리콘-기반의 장치로 달성하기는 극히 어렵다.

한편, 본 발명에 따르면, SNS 시스템은 MDM을 포함한다. 덴드라이트의 형성이 전압 시그널의 존재에 의존하기 때문에, 덴드라이트가 전압이 인가된 전극 쪽으로 성장하므로, 상기 연결은 자연적으로 가장 활동적인 노드들 사이에 형성된다. 또한, 그것의 용량에 의해 지배되는 연결의 강도는 입력의 강도에 의존할 것이다. 이런 아날로그 메모리 효과는 또 다른 본 발명의 중요한 특징이다.

#### III. 프로그램 가능한 저항/용량 장치

도7과 도8을 참조하면, 본 발명에 따른 예시적인 프로그램 가능한 저항 및 용량("PR/C") 장치가 도시되어 있다. 도7A와 도7B는 각각 수평형 장치의 평면도와 단면도이다. 도8A와 도8B는 각각 본 발명의 다른 구체예에 따른 수직형 PR/C 장치의 평면도와 단면도이다.

도7A와 도7B를 참조하면, 예시적인 PR/C 장치(70)가 수평 구성으로 도시되어 있다. 도7A는 PR/C(70)의 평면도이고 도7B는 도7A의 5-5선에 따른 PR/C의 단면도이다. 본 구체예에 있어서, PR/C(70)는 PR/C 장치에 물리적 지지를 제공하는 기판(71)을 포함한다. 기판(71)이 비절연체이거나 PR/C(70)에 사용된 재료와 비양립적인 경우, 절연체(76)를 기판(71)에 배치하여 기판(71)으로부터 PR/C(70)의 활성부분을 격리시킬 수 있다. 다음에 고속이온도체(72)를 기판(71)에 형성한다(절연체가 사용되는 경우에는 절연층(76)에 형성한다). 고속이온도체(72)는 인접한 PR/C 또는 다른 장치 사이의 격리를 위해 적절히 패터닝된다. 고속이온도체(72)의 치수(예, 길이 폭 및 두께)는 PR/C(70)의 전기적 특성에 영향을 미칠 것이다. 예를 들어, 고속이온도체(72)가 얇고 길이가 폭보다 크면, PR/C(70)의 저항값은 고속이온도체(72)가 두껍고 그 길이보다 폭이 큰 때의 저항값보다 크게 될 것이다.

도7A와 도7B를 참조하면, 다음에 전극 재료를 고속이온도체(72) 상에 침적시키고, 전극(73: 예, 음극) 및 전극(74: 예, 양극)을 형성하도록 적절히 패터닝한다. 전압이 음극(73)과 양극(74)에 인가될 때, 덴드라이트(75)는 음극(73)으로부터 고속이온도체(72)의 표면을 따라 양극(74) 쪽으로 성장한다. 전극(73,74)의 형상과 치수는 장치(70)의 특성에 영향을 준다. 예를 들어, 전극(73)이 좁거나 포인트로 되어 있으면, 전기장은 크고 전극(73)으로부터의 덴드라이트(75)의 성장은 빠를 것이다. 한편, 전극(73)이 넓은 구성이면, 전극(73)의 전기장은 상대적으로 작고 전극(73)으로부터의 덴드라이트(75)의 성장은 느릴 것이다.

도7A와 도7B를 참조하면, 다음에 절연층(79)을 장치(70)에 침적시킨다. 이 절연층(79)은 기계적 손상이나 화학적 오염으로부터 PR/C(70)의 활성영역을 보호한다. 다음에 홀(125)을 절연층(79)에 적절히 제공하여서 각각 전극(73,74)과 전기적으로 연결되는 접점(77,78)을 형성하도록 한다.

도7A와 도7B를 참조하면, 당해 기술분야의 전문가라면 이것만이 구현할 수 있는 수평 PR/C(70) 장치의 구성과 구축방법이 아니라는 것을 인식할 수 있을 것이다. 예를 들어, PR/C(70)에 관한 대안적인 구성으로서 기판(71) 상에 전극(73,74)을 형성하고 이들 전극들의 상부에 고속이온도체(72)를 형성하는 것을 포함할 수 있다. 이 경우에 있어서 덴드라이트(75)는 기판(71)과 고속이온도체(72) 사이의 계면을 따라 성장할 것이다.

도5C, 도5D, 및 도5E에 관련하여 금속 덴드라이트 메모리(MDM) 장치에 초점을 두어 앞서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 몇몇 구체예의 장치는 덴드라이트의 성장을 프로그램하는 데 이용되는 두 개의 전극에 추가의 전극 또는 전극들을 포함하며, 이들 추가의 전극은 장치의 출력용으로 사용될 수 있다. 이들은 도5C, 도5D, 도5E에 도시되어 있고, 동일 구조가 동일한 맥락으로 메모리 소자 이외에 프로그램 가능한 용량 및 저항 소자를 제공하기 위해, 그리고 용량과 저항 소자를 사용하는 적당한 모든 응용에 대하여 적용될 수 있다.

도8A와 도8B를 참조하면, 수직 구성의 PR/C(80)의 예시적인 구체예가 도시되어 있다. 도8A는 PR/C(80)의 평면도이고, 도8B는 도8A의 8-8선에 따른 PR/C(80)의 단면도이다.

도8A와 도8B를 참조하면, PR/C(80)는 프로그램 가능한 셀 또는 장치에 대한 기계적인 지지를 제공하는 기판(81)을 구비하며, 적당한 경우, PR/C(80)의 활성부분으로부터 기판(81)을 절연하기 위한 절연체(88)를 구비한다. 전극(83)을 절연체(88) 위에 형성한다. 다음에 전극(83)의 일부 위에 절연층(86)을 침적 및 패터닝시켜서 공지된 기술을 이용하여 비아홀(89)을 형성시킨다. 비아홀(89)은 PR/C(80)의 활성영역에 대한 하우징으로 사용된다. 다음에, 고속이온도체(82)를 통상의 기술을 사용하여 비아홀(89) 내에 침적시키으로써, 홀(89)의 상부로부터 아래의 전극(83)으로 신장시키며, 여기에서 전기적인 연결이 이루어진다. 다음에, 덴드라이트의 성장을 방해하지 않는 유연한 절연 재료와 같은 비아필(87)을 사용하여 비아홀(89)의 충전되지 않은 부분을 충전함으로써, 홀(89)을 보호하고 상부에 형성되어지는 전극이 홀(89)을 충전하는 것을 방지한다.

도8A와 도8B를 참조하면, 다음에 중첩 전극(84)을 형성하여, 이 전극(84)의 적어도 일부분이 고속이온도체(82)와 전기적으로 접촉되도록 한다. 바람직하게 전극(84)은 전극(83)에 의해 형성된 평면에 평행인 평면 상에 직각으로 형성한다. 전극(84)은 절연체(86)에 의해 전극(83)과 직접 전기적으로 접촉되는 것이 방지된다. 전압을 전극(83,84)에 인가할 때, 덴드라이트(85)는 비아홀(89)의 내부를 따라 고속이온도체(82)의 표면에 수직으로 성장하고, 덴드라이트(85)는 음극(예, 전극 83)으로부터 양극(예, 전극 84) 쪽으로 뻗어간다.

도8A와 도8B를 참조하면, PR/C(80)의 수직구성은 도8A와 도8B의 수평구성 보다 상당히 콤팩트하며, 따라서 단위 면적당 보다 많은 PR/C 소자를 제작할 수 있는 것과 같이 "고밀도" 구성을 고려할 수 있다. 예를 들어, 수직형에 있어서는 고속이온도체를 개재한 상태로 다중으로 교대로 양극과 음극층을 적층하여 단위 면적당 소자의 수를 매우 증가시킬 수 있다.

도7과 도8을 참조하면, 본 발명의 PR/C 장치는 도5와 도6의 MDM 장치보다 전형적으로 물리적으로 더 크게 구축되어서 보다 큰 파라미터 변화성을 얻을 수 있다. 본 발명의 PR/C 장치는 DC 전압을 사용하여 "프로그래밍되는" 것이다. 결국 적은 시그널 AC전압은 덴드라이트의 상태에 영향을 미치지 않으므로 저항과 용량이 변하지 않게 된다. 이들 프로그램 가능한 장치들은 일반적으로 동조회로(예, 주파수 선택 통신 시스템, 튠 컨트롤 및 오디오 시스템, 전압제어 필터회로), 전압제어 오실레이터("VCO"), 신호레벨(예, 볼륨 컨트롤), 자동이득제어("AGC") 등에 사용될 수 있다.

도7과 도8을 참조하면, 예시적인 이들 PR/C들은 통상의 실리콘 기반 마이크로일렉트로닉스로부터의 의미있는 하나의 이탈이다. 실제, PR/C의 작동에는 실리콘이 필요하지 않거니와, 또한, 전체 제조공정은 대부분의 기본적인 반도체 제조공정 기술보다 훨씬 간단하다. 비싸지 않은 재료비용과 간단한 제조공정으로, 제조단가가 낮은 장치를 제공한다.

#### IV. 전기광학장치

본 발명에 따라, PMC 장치는 또한 높은 인가 전압에서의 넓은 전극 사이의 넓은 덴드라이트 성장을 이용하여 전기 광학적인 적용에 사용할 수 있다.

도9A와 도9B를 참조하면, 예시적인 광학장치(90)가 도시되어 있고, 여기에서 도9A는 광학장치(90)의 평면도이고, 도9B는 도9A의 9-9선에 따른 광학장치(90)의 단면도이다. 본 구체예에 있어서, 장치(90)는 광학장치에 물리적 지지를 제공하는 기판(91)을 포함한다. 다음에 고속이온도체(92)는 기판(91)에 형성되고, 이 고속이온도체(92)는 인접한 셀 및 다른 장치 사이의 격리를 위해 적절히 패턴시킨다.

도9A와 도9B를 참조하면, 전극 재료를 고속이온도체(92) 상에 침적시키고, 전극(93: 예, 음극) 및 전극(94: 예, 양극)을 형성하도록 적절히 패턴시킨다. 전극(93,94)의 구성은 도5A와 도6B의 수평 MDM의 전극보다 폭이 훨씬 넓다. 큰 전압(즉, 5볼트보다 큰 전압)이 전극(93,94)에 인가될 때, 금속 덴드라이트(95)의 "시트"가 형성되며, 덴드라이트(95)는 음극(93)으로부터 고속이온도체(92)의 표면을 따라 양극(94) 쪽으로 성장한다. 덴드라이트 시트(95)는 광학셀을 통과하는 빛의 통로를 차단하는 하나의 셔터 또는 광학장치(90)의 정면 및 이면으로 입사하는 광을 편향시키는 하나의 미러로서 사용될 수 있다.

도9A와 도9B를 참조하면, 투명창(99)을 덴드라이트(95) 위에 형성시킨다. 다음에 접점(97,98)을 전극(93)과 전극(94)에 각각 전기적으로 결합시킨다.

도9A와 도9B를 참조하면, 당해 기술 분야의 전문가들은 본 발명에 따른 전기-광학장치의 구성과 구축방법을 다르게도 할 수 있다는 것을 인식할 수 있을 것이다.

#### V. 광 및 단파장 방사선 센서

도10A와 도10B를 참조하면, 예시적인 광 및 단파장 방사선 센서(100)가 도시되어 있고, 여기에서 도10A는 센서(100)의 평면도이고, 도10B는 도10A의 10-10선에 따른 센서(100)의 단면도이다.

도10A와 도10B를 참조하면, 센서(100)는 센서장치에 지지를 제공하는 기판(101)을 포함한다. 기판(101)이 비절연체이거나 센서(100)에 사용된 재료와 비양립적인 경우, 절연체(106)를 기판(101) 상에 배치하여 기판(101)으로부터 센서(100)의 활성부분을 격리시킬 수 있다. 다음에 고속이온도체(102)를 기판(101) 상에 형성시킨다(또는 절연체가 사용되는 경우에는 절연층(106)에 형성한다). 고속이온도체(102)의 치수(예, 길이 폭 및 두께)는 부분적으로 센서(100)의 전기적 특성을 결정할 것이다. 예를 들어, 고속이온도체(102)가 얇고 길이가 폭보다 크면, 센서(100)의 저항값은 고속이온도체(102)가 두껍고 그 길이보다 폭이 큰 때의 저항값보다 크게 될 것이다.

도10A와 도10B를 참조하면, 전극 재료를 고속이온도체(102) 상에 침적시키고, 전극(103: 예, 음극) 및 전극(104: 예, 양극)을 형성하도록 적절히 패턴시킨다. 전압이 음극(103)과 양극(104)에 인가될 때, 덴드라이트(105)는 음극(103)으로부터 고속이온도체(102)의 표면을 따라 전극(104) 쪽으로 성장한다. 전극(103,104)의 형상과 치수는 센서(100)의 특성에 기여한다. 예를 들어, 전극(103)이 좁거나 포인트로 되어 있으면, 전기장은 크고 전극(103)으로부터의 덴드라이트(105)의 성장은 빠를 것이다. 한편, 전극(103)이 넓은 구성이면, 전극(103)의 전기장은 상대적으로 작고 전극(103)으로부터의 덴드라이트(105)의 성장은 느릴 것이다.

도10A와 도10B를 참조하면, 다음에 투명창(109)을 전극(103,104)과 덴드라이트(105)용으로 마련된 구역의 상부에 걸쳐서 형성한다. 다음에 홀(145)을 창(109)에 적절히 제공하여 접점(107,108)이 전극(103,104)과 전기적으로 각각 연결되도록 한다.

도10A와 도10B를 참조하면, 단파장 방사선(110)은 창(109)을 통해 센서(100)로 입사된다. 덴드라이트(105)의 성장과 분해 속도는 짧은 파장, 특히 자외선뿐만 아니라 오렌지에서 보라에 이르는 가시광선의 범위에서 민감하다. 덴드라이트(105)의 성장률은 자외선 아래의 파장에서는 훨씬 덜 민감하다. 투명창(109)을 통해 입사하는 짧은 파장의 광(110)은 덴드라이트(105)의 성장과 분해 동안 금속의 이온화를 촉진시키고, 결국 덴드라이트(105)의 성장 또는 분해 시간을 단축시킨다. 이런 시간 차이는 전자장치로 검출할 수 있고 입사광의 강도에 관계가 있다.

도10A와 도10B를 참조하면, 당해 기술분야의 지식자라면 이것만이 구현할 수 있는 센서 장치의 구성과 구축방법이 아니라는 것을 인식할 수 있을 것이다. 예를 들어, 센서(100)의 대안적인 구성으로서, 기판(101) 상에 전극(103,104)을 형성하고 다음에 이들 전극들의 상부에 고속이온도체(102)를 형성하는 것을 포함할 수 있다. 이런 경우에 있어서, 덴드라이트(105)는 기판(101)과 고속이온도체(102) 사이의 계면을 따라 성장할 것이다.

#### 산업상이용가능성

#### VI. 결론

따라서, 본 발명에 의하면, 저비용이고 높은 제조성을 가지는 장치를 얻을 수 있으며, 이것은 메모리 장치, 프로그램 가능한 저항기 및 콘덴서 장치, 광학장치, 및 센서와 같은 여러 가지 장치에 적용될 수 있다.

비록, 본 발명은 첨부 도면에 따라 설명되었지만, 본 발명은 도시된 특징의 구체에 국한되는 것이 아니다. 예를 들어 여기에 설명된 PMC의 설계, 배치 및 장치화에 있어서 여러 가지의 변화, 변형 및 개선이 첨부 청구범위에 나타난 본 발명의 범위와 요지로부터 벗어남이 없이 이루어질 수 있을 것이다. 또한, 당해 분야의 전문가들은 여러 가지 다른 응용과 사용이 예시된 특징의 구체에 이외에 PMC 장치에 존재한다는 것을 인정할 것이다.

#### (57) 청구의 범위

##### 청구항 1.

내부에 금속이온을 가지는 고속이온도체 재료로 형성된 본체, 및 상기 본체의 재료에 침적된 전극들을 포함하고, 상기 전극들은 상기 전극들 중 2개의 전극 사이에 제1 전압이 인가되도록 구성되어, 상기 제1 전압이 상기 2개의 전극에 인가되는 동안, 상기 2개의 전극 중 음극으로부터 상기 2개의 전극 중 양극 쪽으로 금속 덴드라이트를 성장시켜 셀을 프로그램시키는 것을 특징으로 하는 프로그램 가능한 금속화셀.

##### 청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 2개의 전극은 상기 제1 전압에 극성이 반대인 제2 전압이 인가되도록 구성되어, 상기 2개의 전극에 제2 전압이 인가되는 동안, 상기 금속 덴드라이트의 성장이 역전되는 것을 특징으로 하는 프로그램 가능한 금속화셀.

##### 청구항 3.

제1항에 있어서, 상기 2개의 전극 사이에 개재되어 상기 금속 덴드라이트 성장을 저지하는 전기적 절연 재료를 포함하고, 상기 전기적 절연 재료는 하나의 전극으로부터 성장된 상기 금속 덴드라이트가 다른 전극에 접속되는 시점에서 성장할 수 없게 하는 것을 특징으로 하는 프로그램 가능한 금속화셀.

##### 청구항 4.

제1항에 있어서, 상기 고속이온도체는 금속이온-함유 유리로 형성된 것을 특징으로 하는 프로그램 가능한 금속화셀.

##### 청구항 5.

제1항에 있어서, 상기 고속이온도체는 황, 셀레늄 및 텔루륨으로 구성된 군으로부터 선택된 칼코게니드-금속이온 재료로 형성된 것을 특징으로 하는 프로그램 가능한 금속화셀.

##### 청구항 6.

제5항에 있어서, 상기 칼코게니드-금속이온 재료는 주기율표 ⅠB 그룹 및 ⅡB 그룹 금속으로 구성된 군으로부터 선택되는 금속을 함유하는 것을 특징으로 하는 프로그램 가능한 금속화셀.

##### 청구항 7.

제5항에 있어서, 상기 칼코게니드-금속이온 재료는, 은, 구리 및 아연으로 구성된 군으로부터 선택되는 금속을 함유하는 것을 특징으로 하는 프로그램 가능한 금속화셀.

##### 청구항 8.

제1항에 있어서, 상기 고속이온도체는 삼황화비소으로 구성된 칼코게니드-금속이온 재료로 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 프로그램 가능한 금속화셀.

##### 청구항 9.

제1항에 있어서, 상기 고속이온도체는  $\text{AgAsS}_2$ 를 포함하는 것을 특징으로 하는 프로그램 가능한 금속화셀.

##### 청구항 10.

내부에 금속이온을 가지는 고속이온도체 재료로 형성된 본체를 제공하는 공정, 및 상기 본체의 재료에 침적된 복수의 금속 전극을 제공하는 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 프로그램 가능한 금속화셀을 제조하는 방법.

##### 청구항 11.

상기 복수의 전극들 중 2개의 전극 사이에 제1 전압을 일정 시간동안 인가하여 음극 전극과 양극 전극을 설정함으로써, 상기 전압의 일정 인가 시간 동안에 상기 음극 전극으로부터 상기 양극 전극 쪽으로 상기 금속 덴드라이트를 성장시키는 추가의 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는, 제10항에 따른 프로그램 가능한 금속화셀을 프로그램시키는 방법.

##### 청구항 12.

상기 2개의 전극에 일정 시간 동안 제2 전압을 인가하는 추가의 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는, 제11항에 따른 프로그램 가능한 금속화셀의 프로그램을 변경시키는 방법.

##### 청구항 13.

제12항에 있어서, 상기 제1 전압과 동일한 극성의 제2 전압을 인가하여, 상기 음극 전극으로부터 상기 양극 전극 쪽으로 상기 금속 덴드라이트를 더욱 성장시키는 것을 특징으로 하는 프로그램 가능한 금속화셀의 프로그램을 변경시키는 방법.

##### 청구항 14.

제12항에 있어서, 상기 제1 전압과 반대의 극성을 가지는 제2 전압을 인가하여 상기 금속 덴드라이트의 성장을 역전시키는 것을 특징으로 하는 프로그램 가능한 금속화셀의 프로그램을 변경시키는 방법.

##### 청구항 15.

표면을 구비한 고속이온도체 재료;

상기 표면에 배치된 양극;

상기 양극으로부터 한 세트 이격된 거리의 상기 표면에 배치된 음극; 및

상기 표면에 형성되고 상기 음극에 전기적으로 연결된 덴드라이트를 포함하고;

상기 덴드라이트는 셀의 전기적인 특성을 규정하는 길이를 가지며, 상기 길이는 상기 양극과 상기 음극을 통하게 인가된 전압에 의해 변경될 수 있는 것을 특징으로 하는 프로그램 가능한 전기적 특성을 가지는 셀.

#### 청구항 16.

제15항에 있어서, 상기 고속이온도체 재료는, 황, 셀레늄 및 텔루륨으로 구성된 군으로부터 선택된 칼코게니드 재료를 포함하는 것을 특징으로 하는 셀.

#### 청구항 17.

제15항에 있어서, 상기 고속이온도체 재료는 황, 셀레늄 및 텔루륨으로 구성된 군으로부터 선택된 재료와 주기율표 IB 그룹 및 IIB 그룹으로부터 선택되는 금속을 포함하는 것을 특징으로 하는 셀.

#### 청구항 18.

제17항에 있어서, 상기 고속이온도체는 삼황화비소을 포함하는 것을 특징으로 하는 셀.

#### 청구항 19.

제17항에 있어서, 상기 양극은 은, 구리 및 아연으로 구성된 군으로부터 선택되는 금속으로 이루어지고, 상기 음극은 알루미늄을 포함하는 것을 특징으로 하는 셀.

#### 청구항 20.

제19항에 있어서, 상기 양극은 은-알루미늄 이중층으로 이루어지고, 상기 음극은 알루미늄으로 이루어진 것을 특징으로 하는 셀.

#### 청구항 21.

제20항에 있어서, 상기 양극과 상기 음극 사이의 상기 세트 거리는 수백 마이크로미터 내지 수백분의 일 마이크로미터인 것을 특징으로 하는 셀.

#### 청구항 22.

제17항에 있어서, 상기 고속이온도체 재료는 상기 양극과 상기 음극 사이에 배치되고, 상기 양극과 음극은 평행한 평면을 형성하는 것을 특징으로 하는 셀.

#### 청구항 23.

제15항에 있어서, 상기 셀에 강도와 견고함을 제공하는 지지기판을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 셀.

#### 청구항 24.

제15항에 있어서, 상기 덴드라이트의 길이는 상기 전압이 상기 음극과 상기 양극에 걸쳐 인가될 때 증가하고, 상기 덴드라이트의 길이는 상기 전압이 역전될 때 감소하는 것을 특징으로 하는 셀.

#### 청구항 25.

제24항에 있어서, 상기 덴드라이트의 길이는, 상기 전압이 0.5 내지 1.0 볼트일 때  $10^{-3}$  m/s 이상의 속도로 증가 또는 감소하는 것을 특징으로 하는 셀.

#### 청구항 26.

제15항에 있어서, 상기 덴드라이트는 상기 전압이 제거될 때 그 상태로 남아 있는 것을 특징으로 하는 셀.

#### 청구항 27.

제15항에 있어서, 일정 시간 간격에서 상기 덴드라이트의 상기 길이에 관련된 전기적인 특성을 측정하기 위한 회로를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 셀.

#### 청구항 28.

제15항에 있어서, 상기 덴드라이트의 상기 길이 변화는 허용하면서 손상으로부터 상기 셀을 보호하기 위하여, 상기 양극, 상기 음극, 상기 덴드라이트 및 상기 고속이온도체 재료의 적어도 일 부분에 걸쳐 층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 셀.

#### 청구항 29.

표면을 구비한 고속이온도체 재료를 제공하는 공정;

상기 표면에 양극을 형성하는 공정;

상기 양극으로부터 한 세트 이격된 거리의 상기 표면에 음극을 형성하는 공정; 및

셀의 전기적인 특성을 규정하는 길이를 가지며 상기 음극에 전기적으로 연결되는 비휘발성 덴드라이트를 상기 표면에 형성하는 공정; 을 포함하는 것을 특징으로 하는 프로그램 가능한 셀을 제조하는 방법.

#### 청구항 30.

제29항에 있어서, 상기 고속이온도체 재료를 제공하는 공정은, 황, 셀레늄 및 텔루륨으로 구성된 군으로부터 선택된 칼코게니드와 주기율표 IB 그룹 및 IIB 그룹으로부터 선택되는 금속을 제공하는 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 31.

제30항에 있어서, 상기 고속이온도체 재료를 제공하는 공정은, 삼황화비소을 제공하는 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 32.**

제31항에 있어서, 상기 상황화비소층을 제공하는 공정은, 500나노미터보다 작은 파장의 광으로 은필름과 황화비소층을 조사하는 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 33.**

제29항에 있어서, 상기 양극을 형성하는 공정은 은, 구리 및 아연으로 구성된 군으로부터 선택되는 재료의 양극을 형성하는 공정을 포함하고, 상기 음극을 형성하는 공정은 전도 재료를 포함하는 음극을 형성하는 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 34.**

제29항에 있어서, 상기 음극을 형성하는 공정은, 상기 양극에 평행한 평면에 음극을 형성하는 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 35.**

제29항에 있어서, 상기 프로그램 가능한 셀에 강도와 견고함을 제공하기 위하여 지지기판을 제공하는 공정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 36.**

제29항에 있어서, 일정 시간 간격에서 상기 덴드라이트의 상기 길이에 관련된 전기적인 특성을 측정하기 위한 회로를 제공하는 공정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 37.**

제29항에 있어서, 상기 덴드라이트의 상기 길이 변화는 허용하면서 손상으로부터 상기 셀을 보호하기 위하여, 상기 양극, 상기 음극, 상기 덴드라이트 및 상기 고속이온도체 재료의 적어도 일 부분에 걸쳐 층을 제공하는 공정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 38.**

상기 덴드라이트의 상기 길이를 증가 또는 감소시키도록, 상기 음극과 상기 양극에 걸쳐 전압을 인가하는 공정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 상기 29항에 따른 셀을 프로그램하는 방법.

**청구항 39.**

내부에 금속이온을 가지는 고속이온도체 재료로 형성된 본체, 상기 본체의 재료에 침적된 음극 및 양극, 및 상기 본체에 제공되는 적어도 하나의 추가 전극을 포함하고,

상기 음극과 양극은 이들 사이에 제1 전압이 인가되도록 구성되어서 여기에 상기 제1 전압이 인가되는 동안 상기 음극으로부터 상기 양극 쪽으로 금속 덴드라이트를 성장시켜 셀을 프로그램시키고,

상기 적어도 하나의 추가 전극은 상기 금속 덴드라이트와 상기 고속이온도체로부터 상기 적어도 하나의 추가 전극을 격리시키는 격리재료를 구비하며,

이로써 상기 음극, 상기 양극 및 상기 적어도 하나의 추가 전극 중 2개의 전극 사이에 측정된 전기적 특성이 상기 금속 덴드라이트의 성장에 따라 변화하는 것을 특징으로 하는 프로그램 가능한 금속화셀.

**청구항 40.**

제39항에 있어서, 상기 고속이온도체 재료는 황, 셀레늄 및 텔루륨으로 구성된 군으로부터 선택된 칼코게니드이고, 상기 금속이온은 은, 구리 및 아연으로 구성된 군으로부터 선택되는 금속으로부터 형성된 것을 특징으로 하는 프로그램 가능한 금속화셀.

**청구항 41.**

제40항에 있어서, 상기 격리재료는, 상기 금속 덴드라이트의 성장에 따라 변화하는 전기적 특성이 용량인 유전체를 포함하는 것을 특징으로 하는 프로그램 가능한 금속화셀.

**청구항 42.**

제40항에 있어서, 상기 격리재료는, 상기 금속 덴드라이트의 성장에 따라 변화하는 전기적 특성이 저항인 저항재료를 포함하는 것을 특징으로 하는 프로그램 가능한 금속화셀.

**청구항 43.**

황, 셀레늄 및 텔루륨으로 구성된 군으로부터 선택된 칼코게니드 재료로 형성되고 은, 구리 및 아연으로 구성된 군으로부터 선택된 금속이온을 가지는, 고속이온도체로 형성되는 본체; 상기 본체의 재료에 침적된 음극 및 양극; 및 상기 본체에 제공되는 적어도 2개의 추가 전극을 포함하고;

상기 음극과 양극은 이들 사이에 제1 전압이 인가되도록 구성되어서 여기에 상기 제1 전압이 인가되는 동안 상기 음극으로부터 상기 양극 쪽으로 금속 덴드라이트를 성장시켜 셀을 프로그램시키고;

상기 적어도 2개의 추가 전극은 상기 금속 덴드라이트와 상기 고속이온도체로부터 상기 2개의 추가 전극을 격리시키는 격리재료를 구비하고;

이로써 상기 음극, 상기 양극 및 상기 2개의 추가 전극 중 2개의 전극 사이에 측정된 전기적 특성이 상기 금속 덴드라이트의 성장에 따라 변화하는 것을 특징으로 하는 프로그램 가능한 금속화셀.

**청구항 44.**

제43항에 있어서, 상기 격리재료는, 상기 금속 덴드라이트의 성장에 따라 변화하는 전기적 특성이 용량인 유전체를 포함하는 것을 특징으로 하는 프로그램 가능한 금속화셀.

**청구항 45.**

제43항에 있어서, 상기 격리재료는, 상기 금속 덴드라이트의 성장에 따라 변화하는 전기적 특성이 저항인 저항재료를 포함하는 것을 특징으로 하는 프로그램 가능한 금속화셀.

#### 청구항 46.

제1항 내지 제9항, 제15항 내지 제28항, 및 제39항 내지 제45항 중 어느 한 항에 따른 프로그램 가능한 금속화셀을 포함하는 것을 특징으로 하는, 비휘발성 메모리 소자.

#### 청구항 47.

제10항 내지 제14항 및 제29항 내지 제38항 중 어느 한 항에 따른 프로그램 가능한 금속화셀을 제조하는 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는, 비휘발성 메모리 소자를 제조하는 방법.

#### 청구항 48.

제1항 내지 제9항, 제15항 내지 제28항, 및 제39항 내지 제45항 중 어느 한 항에 따른 프로그램 가능한 금속화셀을 포함하는 것을 특징으로 하는, 프로그램 가능한 저항 소자.

#### 청구항 49.

제10항 내지 제14항 및 제29항 내지 제38항 중 어느 한 항에 따른 프로그램 가능한 금속화셀을 제조하는 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는, 프로그램 가능한 저항소자를 제조하는 방법.

#### 청구항 50.

제1항 내지 제9항, 제15항 내지 제28항, 및 제39항 내지 제45항 중 어느 한 항에 따른 프로그램 가능한 금속화셀을 포함하는 것을 특징으로 하는, 프로그램 가능한 용량소자.

#### 청구항 51.

제10항 내지 제14항 및 제29항 내지 제38항 중 어느 한 항에 따른 프로그램 가능한 금속화셀을 제조하는 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는, 프로그램 가능한 용량소자를 제조하는 방법.

#### 청구항 52.

제1항 내지 제9항, 제15항 내지 제28항, 및 제39항 내지 제45항 중 어느 한 항에 따른 프로그램 가능한 금속화셀을 포함하고, 여기에서 상기 금속 덴드라이트를 형성하기 위해 전압이 인가되는 상기 2개의 전극은 상대적으로 큰 수평 크기이고 상대적으로 큰 수평 크기의 상기 금속 덴드라이트를 성장시키는 작용을 하고, 상기 고속이온도체는 일정 파장의 광에 투명한 적어도 한 부분을 구비하며, 이로써 상기 덴드라이트 형성을 프로그램하는 것이 상기 고속이온도체를 통한 광투과를 선택적으로 차단 및 허용하는 것인 것을 특징으로 하는, 광투과 모드와 광차단 또는 반사 모드 사이를 전환하기 위한 광학장치.

#### 청구항 53.

제10항 내지 제14항 및 제29항 내지 제38항 중 어느 한 항에 따른 프로그램 가능한 금속화셀을 제조하는 공정을 포함하고, 여기에서 상기 금속 덴드라이트의 성장을 프로그램하기 위해 전압이 인가되는 상기 2개의 전극은 상대적으로 큰 수평 크기이고, 상기 고속이온도체는 일정 파장의 광에 투명한 적어도 한 부분을 구비하며, 이로써 상기 덴드라이트의 성장이 상기 고속이온도체의 투명부분의 일부를 차단 또는 비차단하도록 선택적으로 제어되어서, 상기 투명부분을 통해 통과되도록 지향된 광에 대하여 하나의 광학 스위치로 작용하도록 하는 것을 특징으로 하는, 광학 스위치를 제조하는 방법.

#### 청구항 54.

제1항 내지 제9항, 제15항 내지 제28항, 및 제39항 내지 제45항 중 어느 한 항에 따른 프로그램 가능한 금속화셀을 포함하고, 여기에서 상기 고속이온도체는, 상기 덴드라이트 성장을 프로그램하기 위해 전압이 인가되는 상기 2개의 전극 사이에 상기 덴드라이트 성장의 축에 일직선인 위치에, 빛 및 단파장 방사선에 투명한 부분을 구비하고,

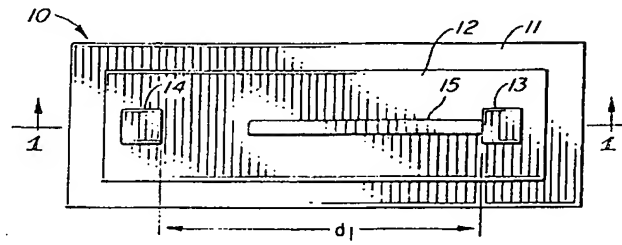
상기 2개의 전극 사이의 정해진 인가 전압에 대한 응답으로 상기 금속 덴드라이트의 형성 또는 분해의 속도가, 상기 고속이온도체의 상기 투명 부분에 입사된 상기 빛 또는 방사선에 의존하여, 상기 프로그램 가능한 금속화셀이 빛 또는 방사선 센서로서 기능하는 것을 특징으로 하는 방사선 센서.

#### 청구항 55.

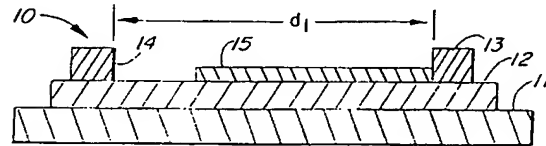
제10항 내지 제14항 및 제29항 내지 제38항 중 어느 한 항에 따른 프로그램 가능한 금속화셀을 형성하는 공정을 포함하고, 여기에서 상기 고속이온도체는 빛 및 단파장 방사선에 투명한 적어도 일부분을 구비하고, 상기 2개의 전극에 전압을 일정하게 인가하고, 이로써 상기 덴드라이트의 성장 또는 분해의 속도가 입사된 빛 또는 단파장 방사선의 강도 또는 량의 지표로서 기능하는 것을 특징으로 하는 방사선 센서를 제조하는 방법.

도면

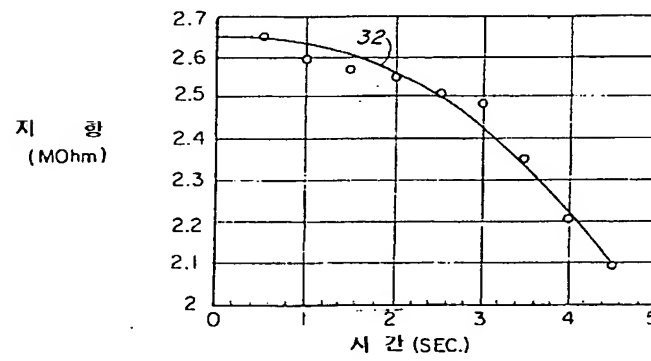
도면 1A



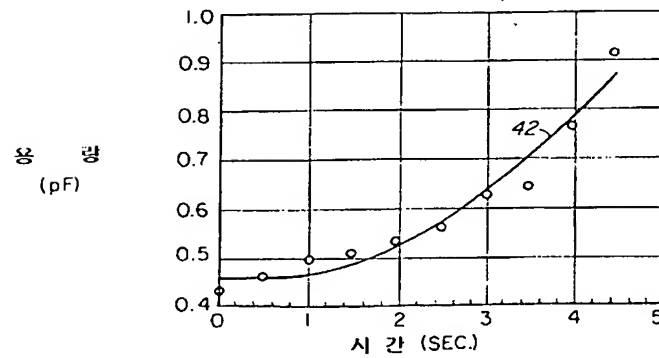
도면 1B



도면 2

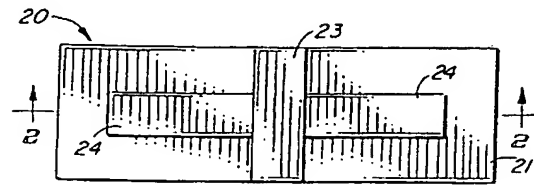


도면 3

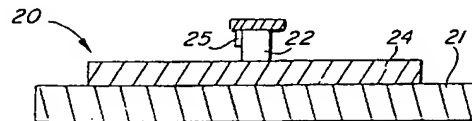




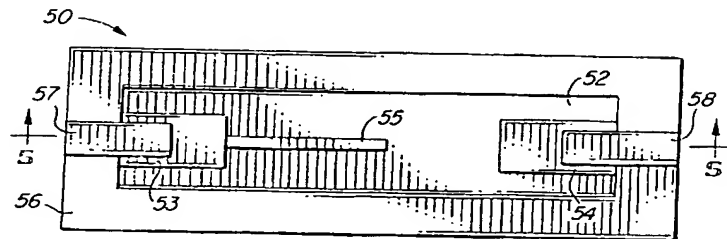
도면 4A



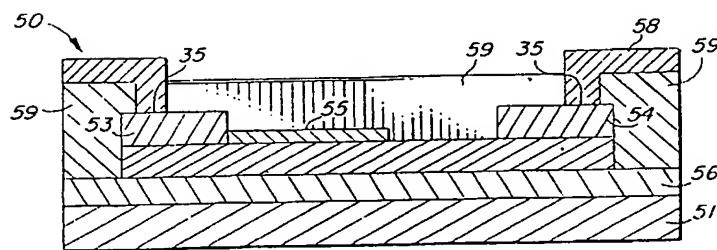
도면 4B



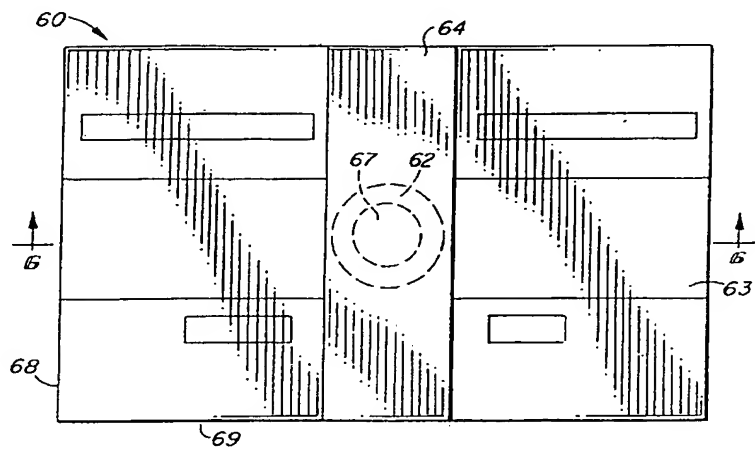
도면 5A



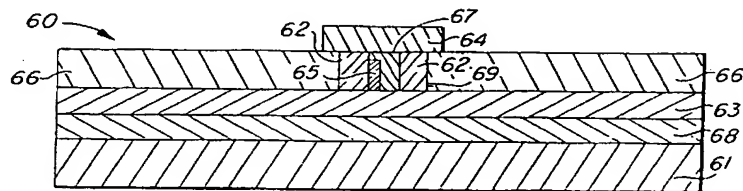
도면 5B



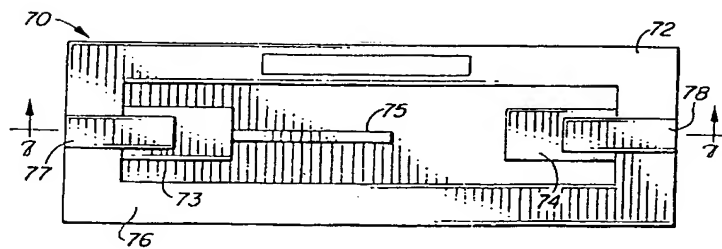
도면 6A



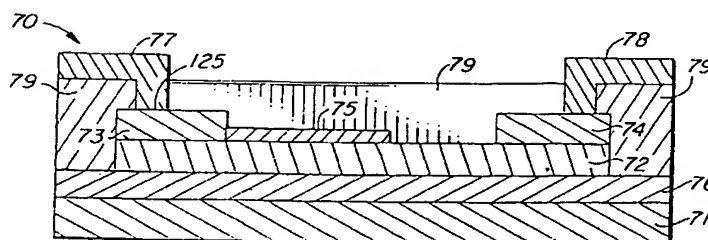
도면 6B



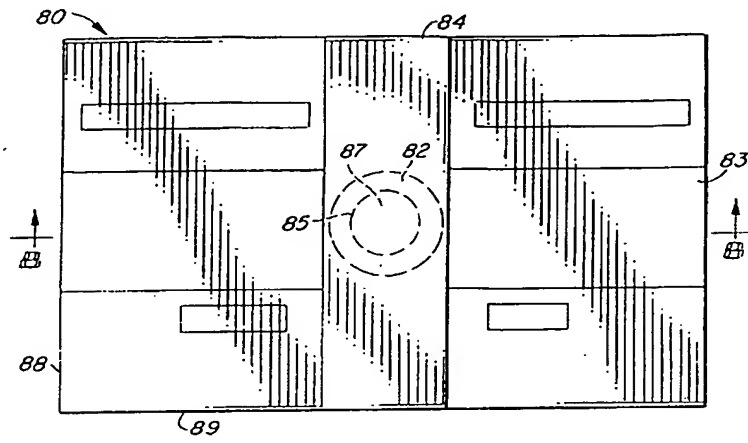
도면 7A



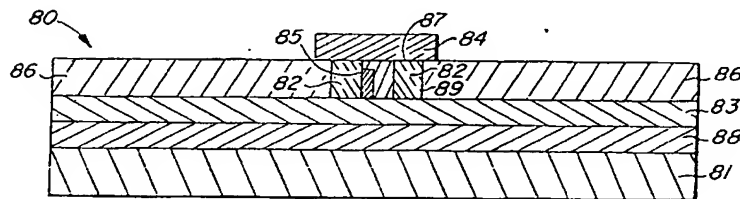
도면 7B



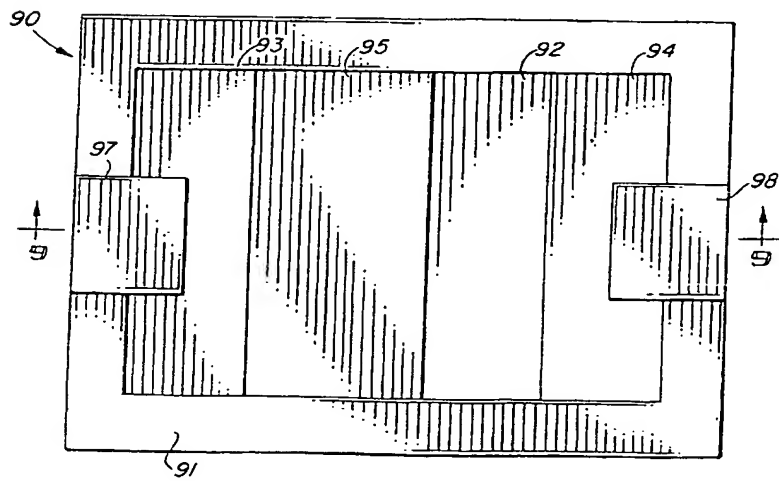
도면 8A



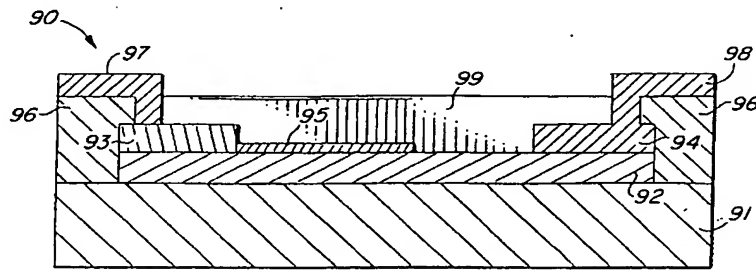
도면 8B



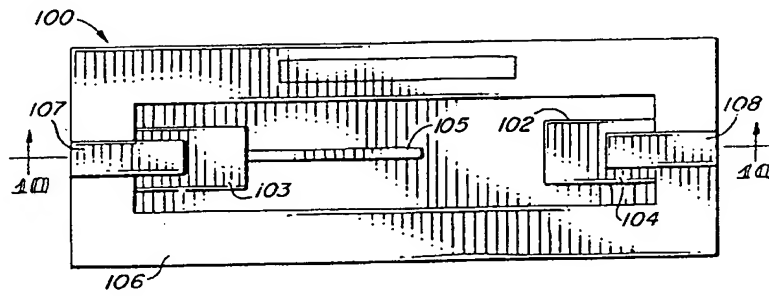
도면 9A



도면 9B



도면 10A



도면 10B

